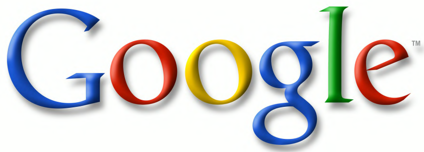
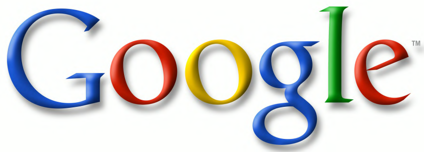
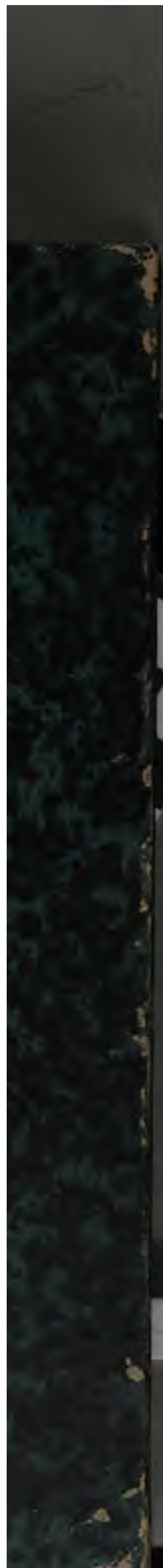
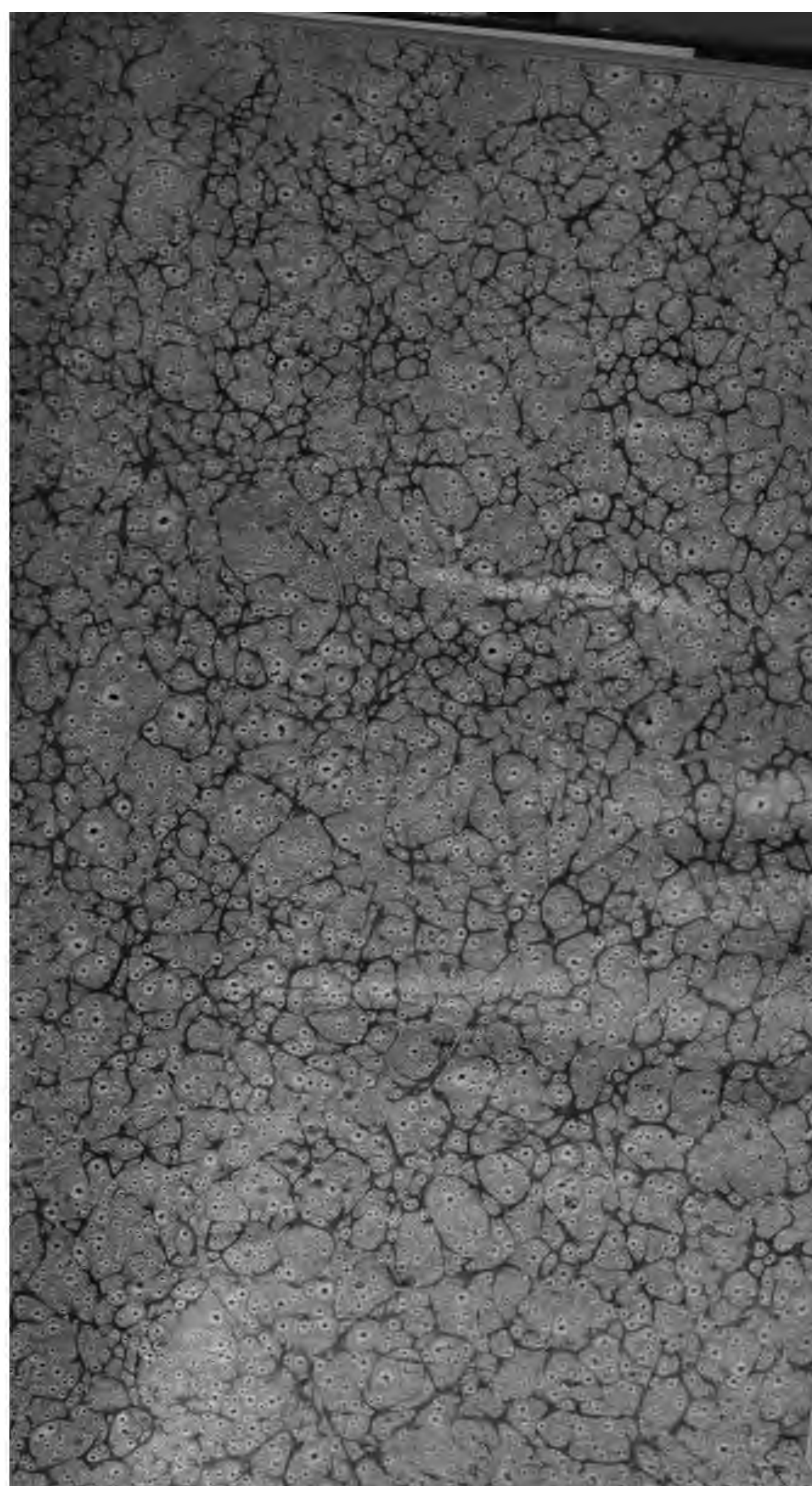








LEÇONS

DE

GÉOLOGIE PRATIQUE.

STRASBOURG, IMPRIMERIE DE V.[e] BERGER-LEVRAULT.

6a

LEÇONS

DE

GÉOLOGIE PRATIQUE,

PROFESSÉES AU COLLÉGE DE FRANCE,

PENDANT L'ANNÉE SCOLAIRE 1843-1844,

PAR

L. ÉLIE DE BEAUMONT,

Membre de l'Académie royale des sciences de l'Institut de France, Ingénieur en chef des mines, Professeur au Collége royal de France, Officier de la Légion d'honneur, Chevalier de l'ordre des SS. Maurice et Lazare, de l'ordre de S. Stanislas (2.e classe), Membre de la Société philomathique de Paris, de la Société géologique de France; Associé étranger des Sociétés royales de Londres et d'Édimbourg, de l'Académie royale des sciences de Turin, des Sociétés géologiques de Londres et du Cornouailles, de la Société impériale des Curieux de la nature de Moscou, de la Société royale académique de Savoie, de la Société du Musée national de Bohème, de la Société hollandaise des sciences de Harlem, de la Société helvétique des sciences naturelles, de celles de Boston, de Francfort, de Heidelberg, de Québec, d'Utrecht; Correspondant de l'Académie royale des sciences de Berlin, de l'Institut national des État-Unis, des Académies de Caen, de Catane, de Philadelphie, de la Société linéenne de Normandie, des Sociétés de Bayeux, d'Évreux, de Halle, de Lisieux, de Neufchâtel, etc.

TOME PREMIER.

PARIS,

CHEZ P. BERTRAND, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE,

RUE SAINT-ANDRÉ-DES-ARCS, 65.

STRASBOURG,

CHEZ V.e LEVRAULT, LIBRAIRE, RUE DES JUIFS, 33.

1845.

AVERTISSEMENT.

En soumettant aujourd'hui une partie de mes leçons de géologie au jugement du public, je cède aux réclamations de quelques-uns de mes auditeurs, qui se sont plaint de n'avoir pu noter avec assez de précision les observations et les nombres sur lesquels j'ai cherché à les baser. Je serais heureux que ce but d'utilité pût attirer sur elles une partie de l'indulgence dont elles ont besoin, surtout dans la forme où elles paraissent ici.

Ces leçons ont été sténographiées, avec beaucoup de soin, par M. Hippolyte Prévost, sténographe du Moniteur, dont le travail a eu pour premier effet de m'y faire apercevoir de nombreux défauts auxquels je n'ai pu remédier complétement.

Je ne parle pas des défauts du style, dans

lequel je ne vise qu'à la clarté, sans attacher aux négligences trop souvent inhérentes à l'improvisation, une importance que peu de lecteurs seront probablement disposés à leur attribuer.

Je veux parler de défauts plus essentiels, que l'improvisation a aussi amenés, et que la sténographie m'a fait apercevoir en les matérialisant.

L'un des principaux est la longueur. Sans arriver à être complet, ce qui est presque toujours impossible dans une science de faits, je crains d'avoir dépassé les bornes de la patience du lecteur. Je n'ai pu y remédier que très-partiellement par quelques suppressions. Pour l'éviter tout à fait, il aurait fallu refondre complétement l'ouvrage et ne considérer la sténographie que comme la matière d'un ouvrage nouveau, ce que d'autres occupations m'ont empêché d'entreprendre.

D'un autre côté, j'ai été dans le cas d'allonger, après coup, diverses parties du texte sténographié, lorsque des recherches postérieures m'ont fait connaître des faits propres à entrer dans le cadre que j'avais adopté et

que je regrettais d'avoir négligés. J'ai même suivi plus d'une fois cette marche à l'égard d'ouvrages ou de mémoires publiés postérieurement à mes leçons. Loin de me faire scrupule d'y puiser tous les compléments et toutes les rectifications que je pouvais y trouver, je m'en suis fait constamment un devoir.

J'ai toujours cité scrupuleusement les ouvrages auxquels j'ai fait des emprunts spéciaux; mais j'ai pu souvent reproduire des observations et des déductions qui étaient en dépôt dans ma mémoire, sans me rappeler immédiatement leur origine. Si j'ai quelquefois omis d'en rétablir la mention lors de l'impression, j'en fais ici mes excuses aux auteurs, et je serai heureux et reconnaissant de toutes les indications qui, sur ce point, comme sur tout autre, tendront à me remettre sur la voie de l'exactitude.

Un autre inconvénient, né de l'improvisation, est le défaut de proportion des différentes parties. Les observations et les questions qui m'ont été adressées, et quelquefois celles que je me suis faites à moi-même, m'ont entraîné, plus

d'une fois, à donner à certaines parties beaucoup plus de développement que je ne l'avais prévu en traçant, dans les premières leçons, le programme du cours entier. Il en est naturellement résulté que les parties subséquentes ont été ajournées. Cet inconvénient frappe peu dans les cours du Collége de France, qui, ne devant pas être élémentaires, sont beaucoup plus assujettis, dans l'esprit même de l'institution, à être approfondis qu'à être complets; mais il peut en résulter, aux yeux du lecteur, une apparence d'incohérence, qui avait besoin d'être expliquée.

On trouvera peut-être aussi que ce volume répond mal à son titre, d'après lequel on pourrait attendre un *vade-mecum* du géologue. Je pourrais répondre que, dans mon opinion, la connaissance d'aucun des faits qui y sont consignés ne sera inutile au géologue-voyageur; mais je préfère m'en tenir, quant aux développements donnés à quelques parties, à l'excuse générale que je viens de présenter.

J'ajouterai seulement, qu'en donnant à mon cours le titre de *Géologie pratique*, j'ai eu en

partie pour objet d'indiquer que la théorie y tiendrait peu de place. Or, on peut voir que, si je m'y suis occupé de questions théoriques, c'a été plutôt en groupant les faits de manière à en faire un rempart contre les faux systèmes, qu'en préconisant aucune théorie particulière.

Les faits réunis d'après leurs rapports naturels sont le guide le plus sûr de l'observateur. La pratique trouve ainsi dans son propre fonds la boussole la plus propre à la diriger. C'est en apprenant par l'expérience à grouper les faits et à s'en faire un marchepied pour porter ses regards plus loin, que l'observateur se perfectionne ; et s'il peut espérer de rendre cette carrière moins longue à ceux qui désirent y entrer, c'est surtout en analysant les observations déjà recueillies et en faisant apercevoir dans leur accord l'évidence de leur certitude et le principe de leur fécondité. Là où les faits sont élaborés de cette manière, la théorie n'est pas loin de naître ; mais l'art de l'inventer s'enseignerait, je crois, plus difficilement et avec moins d'utilité que celui d'observer.

J'ai pris pour point de départ l'*Agenda* de

De Saussure. Mais De Saussure, il y a 50 ans, avait bien moins d'observations à analyser, que nous n'en avons aujourd'hui, et il a dû y suppléer souvent par des considérations théoriques. Cette circonstance m'a conduit assez souvent à m'écarter de mon guide; cependant les faits, constatés depuis lui, ne m'ont presque jamais amené à le contredire; car De Saussure possédait, à un degré éminent, l'instinct et le pressentiment de la vérité.

J'aurais peut-être pu intituler mon cours: *Leçons de Géologie analytique;* mais ce titre aurait eu lui-même besoin d'un commentaire. J'ai craint, d'ailleurs, qu'une pareille dénomination, qui fait plutôt allusion au travail du cabinet qu'aux impressions de la nature, ne réveillât une partie des préventions attachées à celle de *géologie de cabinet,* sur laquelle les aberrations des faiseurs de systèmes ont jeté une défaveur qui ne pourra disparaître qu'avec le temps.

Le titre de *Géologie analytique* aurait pu avoir en outre l'inconvénient de faire naître l'idée d'un ouvrage plus condensé et renfer-

mant moins de détails d'observation qu'il n'entrait dans mon plan d'en présenter. Ayant, entre autres matériaux, des notes recueillies dans des voyages, qui, sans avoir été très-lointains, formeraient en somme un développement assez considérable, j'ai plus d'espérance de pouvoir justifier, sous quelques rapports, celui de *Géologie pratique*.

Puissent les défauts que j'ai signalés et plusieurs autres, qui m'auront sans doute échappé et pour lesquels je sollicite également l'indulgence du public, ne pas rebuter complétement les lecteurs. Je fais des vœux pour que ce volume en trouve quelques-uns, persuadé que les faits qui y sont rassemblés sont de nature à éclairer, par leur réunion, plusieurs points encore obscurs de la géologie.

Paris, le 10 octobre 1845.

L. ÉLIE DE BEAUMONT.

LEÇONS

DE

GÉOLOGIE PRATIQUE.

PREMIÈRE LEÇON.

(9 décembre 1843.)

De la marche progressive que suit la géologie.

MESSIEURS,

L'histoire naturelle, dont je dois avoir l'honneur de vous développer quelques parties, est la description de l'univers, l'exposé de nos connaissances sur tous les corps que la nature présente à nos regards. Elle considère chacun de ces corps en lui-même d'après les lumières fournies par les autres sciences qui résultent de l'étude spéciale et plus approfondie des propriétés générales de ces mêmes corps. De l'histoire naturelle en général.

Les différents corps de la nature se divisent en deux grandes classes : les *corps organisés* et les *corps inorganiques*. Sa division en deux grandes branches.

Les premiers sont ceux qui renferment en eux-mêmes des organes de développement et de repro-

duction. Toutes leurs propriétés sont tellement liées à cette structure organique, que leur étude trouve dans les lois mêmes de l'organisation un véritable fil conducteur, auquel se rattache naturellement toute la marche de la science. Cette circonstance fait à elle seule de l'étude des êtres organisés, quelque diverses que soient leurs formes, et quelque variée que soit leur répartition sur la surface du globe, une branche des sciences tout à fait spéciale, qu'on désigne sous le nom d'*histoire naturelle des corps organisés*.

Histoire naturelle des corps organisés.

Histoire naturelle des corps inorganiques.

Restent tous les autres corps de la nature, beaucoup plus volumineux, quoique moins nombreux, et surtout moins diversifiés, qui sont privés de ces organes intérieurs de développement. Chacun d'eux en particulier resterait toujours le même s'il n'était pas soumis à des actions extérieures et tout à fait indépendantes de lui. Leur étude, privée du fil conducteur fourni par la connaissance de l'organisation, doit, par cela seul, suivre une marche différente. Elle constitue la seconde partie de l'histoire naturelle, celle dont j'aurai l'honneur de vous entretenir.

Les corps inorganiques sont placés, par rapport à nous, dans des conditions diverses. On peut distinguer surtout ceux qui peuplent les espaces célestes et ceux qui composent la terre ou qui couvrent sa surface. Ces derniers ont cela de particulier relativement à nous, que nous pouvons les examiner de près, les *toucher*. Ils sont par là même susceptibles d'un genre d'étude inapplicable à ceux que nous ne pouvons apercevoir que dans le lointain, ou

dont nous ne pouvons que deviner l'existence. Ce sont les corps que nous pouvons toucher, ceux qui existent à la surface de la terre, qui composent plus spécialement le domaine *de l'histoire naturelle des corps inorganiques*.

Ces corps, compris en géneral sous la dénomination de *minéraux*, forment, lorsqu'on les considère chacun en lui-même, l'objet de la *minéralogie*. Objet de la minéralogie.

Considérés particulièrement sous le point de vue du rôle qu'ils jouent comme *éléments* de l'écorce terrestre, plus encore que dans leur nature intrinsèque, dans leur composition, ces corps, qui constituent toute la partie visible de la terre, sont l'objet d'une autre branche de l'histoire naturelle qu'on désigne sous le nom de *géologie*. Objet de la géologie.

J'aurai l'honneur de vous exposer une partie de cette science et de vous la développer sous une forme particulière, en m'attachant surtout à *la manière dont se font les observations qui lui servent de base;* et je dois commencer par entrer dans quelques détails sur l'utilité que me paraît offrir cette marche et sur les motifs qui me conduisent à l'adopter. Objet spécial du cours.

Toutes les études auxquelles les hommes s'appliquent, se rattachent nécessairement les unes aux autres plus ou moins directement, malgré les lignes de démarcation qui paraissent les séparer. Elles se lient entre elles par la nature même des choses; et les lignes de démarcation que je viens de rappeler sont en partie artificielles, et relatives soit aux bornes de notre esprit, au besoin qu'éprouve chacun de nous de circonscrire l'objet de ses études dans un cercle particulier; soit aux divers moyens Points de contact de la géologie avec les autres sciences.

d'étude, d'observation, que nous pouvons appliquer à différents genres d'objets.

Elle s'en distingue par la spécialité de ses méthodes.

L'étude de l'écorce terrestre se lie naturellement à un grand nombre de connaissances, à l'astronomie, à la géographie, à la physique, à la chimie. Par la nature des choses et par suite simplement de ce que la surface de la terre est notre séjour, son étude doit nécessairement établir entre toutes ces sciences un lien commun. Mais il n'en résulte pas qu'elle se confonde avec aucune d'elles; il est au contraire à remarquer qu'elle touche chacune de ces sciences par des points où celles-ci commencent à perdre de leur précision; or, c'est là justement ce qui fait que la géologie est une science distincte. Elle l'est par ses méthodes, qui doivent suppléer, relativement à l'objet dont elle s'occupe, à l'insuffisance des méthodes des autres sciences, plus encore qu'elle ne l'est par cet objet lui-même; elle n'envahit rien de ce que les autres sciences sont aptes à féconder; la spécialité même de ses méthodes qui lui permet d'exploiter un champ sur lequel les autres sciences étaient inhabiles à rien produire de positif, lui interdit d'en sortir; mais, quoique établie sur un terrain longtemps délaissé, elle l'emporte déjà sur plusieurs des sciences collatérales par l'intérêt et l'utilité, et elle est destinée à ne le céder bientôt à aucune sous le rapport de la rigueur.

Le globe terrestre étant une planète, son étude se lie naturellement à celle de tous les autres corps célestes, et particulièrement à celle des corps qui composent le système solaire. Une partie notable des connaissances que nous possédons relativement

à la terre, dérive même réellement de l'étude générale de ce système. Les notions relatives soit au globe terrestre considéré en masse, soit même à une partie des accidents de sa surface, s'acquièrent par des moyens qui, par leur nature, appartiennent à l'astronomie, et qui exigent un genre d'observations, de déductions et de calculs essentiellement différents des moyens d'observation, de déduction et de calcul adaptés à l'étude des corps qu'on peut observer de plus près. Quoique ces notions fassent aussi en elles-mêmes partie de la connaissance de la terre, et par conséquent de la géologie, elles n'y jouent cependant qu'un rôle accessoire; elles n'entrent, pour ainsi dire, que dans l'introduction de la science, dans laquelle se place aussi la description purement géométrique de la conformation de la surface du globe, qui forme en même temps la base de la géographie.

Points de contact avec l'astronomie;

Avec la géographie;

Le globe terrestre nous présente plusieurs enveloppes successives : une atmosphère qui entoure la terre, une mer qui couvre les trois quarts de sa surface et enfin une écorce solide.

L'atmosphère et les eaux qui existent sur la surface du globe sont l'objet de deux branches de connaissances qui ne sont plus du domaine de l'astronomie, et qui, bien que comprises elles-mêmes d'une manière générale dans l'histoire naturelle, ne font cependant pas encore, non plus, partie de la géologie proprement dite, et n'entreront que d'une manière accessoire dans les objets dont j'aurai l'honneur de vous entretenir.

Avec la météorologie et l'hydrographie.

L'atmosphère, par exemple, présente à peu près la même composition dans tous les pays. Sauf de légères différences, les diverses colonnes atmosphériques sont à peu près semblables entre elles dans toute l'étendue de la surface du globe.

Ce que je viens de dire à l'égard de l'atmosphère, on peut le dire aussi, quoique d'une manière moins absolue, relativement à l'étude des eaux qui constitue l'*hydrographie.* Les eaux douces présentent toutes à peu près la même composition par toute la terre. Il en est de même des eaux marines.

Les parties accessibles de l'écorce solide donnent prise à des considérations d'un ordre tout différent. Par cela même que l'atmosphère, les eaux douces, les eaux marines, offrent la même composition sur toute la terre, et que *leurs parties sont mobiles,* l'étude qu'on en peut faire a quelque chose, pour ainsi dire, de plus abstrait que l'étude des parties *solides* et *immobiles,* de *composition variable d'un point à un autre,* qui constituent l'écorce terrestre. Leur uniformité, jointe à leur mobilité, les rapproche beaucoup plus des choses qui font l'objet de la physique et de la chimie, où les propriétés des corps sont considérées en elles-mêmes. De plus, les masses mobiles de l'atmosphère et de la mer ne conservant pas la trace des événements passés, cette double circonstance fait qu'elles ne sont pas susceptibles du même genre d'étude, ni de conduire au même genre de connaissances que la partie solide du globe terrestre.

Ces sciences ne servent ue d'introduction à la géologie.

C'est là ce qui fait que la *météorologie* et l'*hydrographie* se placent encore pour le géologue dans l'introduction de la science; il leur

emprunte beaucoup de notions; mais elles sont pour lui quelque chose de latéral et presque au même degré que l'astronomie.

Le géologue traverse toutes ces branches d'études pour arriver à la sienne; mais elles ne sont pas précisément son objet, auquel, cependant, elles se lient très-directement et de plusieurs manières différentes. Ainsi l'atmosphère et la mer, qui ont toujours existé sur la surface du globe, y ont laissé des marques successives de leur action prolongée. La plupart des mouvements qui ont eu lieu sur la terre, y ont laissé leur empreinte, et l'étude de l'écorce terrestre consiste en partie à lire sur sa surface les traces de tous ces événements passés. Relativement à ces phénomènes extérieurs, l'écorce terrestre a joué un rôle analogue à celui du récipient d'un sablier, ou à celui que jouent dans certaines expériences de physique et de mécanique ces bandes de papier sur lesquelles un crayon ou un pinceau marque à chaque instant l'effet produit; la marche des phénomènes s'y est ainsi enregistrée jour par jour. Une partie de la géologie n'est donc, pour ainsi dire, qu'une *météorologie* et une *hydrographie rétrospectives;* mais cette étude se fait par des moyens particuliers, dont j'ai pour objet de vous donner une idée précise. Je vais commencer, dès aujourd'hui, à vous en indiquer les points principaux.

Comment se dévoile le caractère spécial de cette science.

Le caractère spécial de la géologie, comme en général celui de chaque branche des connaissances humaines, se dévoile surtout dans la manière dont se font les observations, dont se recueillent les faits qui servent de base à l'édifice de la science. C'est

là qu'on peut le mieux saisir son esprit, et découvrir ce qu'on peut attendre de son avenir, de la nature intime des éléments qui la constituent. J'ai cru, d'après cela, ne pouvoir vous donner une idée plus approfondie, plus intime, de ce qu'est, et de ce que pourra devenir un jour la géologie, qu'en analysant aussi complétement que possible, et en essayant de vous faire bien connaître les moyens d'observation que les géologues emploient dans ce qu'on peut appeler la *géologie pratique*, à laquelle ce cours doit être consacré.

Grand nombre de géologues.

La pratique de la géologie s'est de plus en plus répandue depuis un certain laps de temps. Le nombre des géologues n'a pas toujours été aussi considérable qu'il l'est devenu de nos jours. Il s'est beaucoup accru depuis le commencement de ce siècle, et plusieurs causes ont concouru à cet accroissement; d'abord, la géologie, plus avancée et plus connue, a présenté de l'attrait à un plus grand nombre d'esprits; en outre, les observations géologiques sont devenues beaucoup plus faciles et plus attrayantes; et enfin la géologie, rendue plus précise, est devenue susceptible d'applications, de sorte que parmi les personnes qui l'apprennent aujourd'hui, on doit en compter un grand nombre qui se livrent à l'étude pratique de la géologie, comme d'autres à celle de la chimie, afin d'acquérir une connaissance intime de cette branche d'études, et qui abandonnent ensuite la science pure pour n'en plus faire que des applications dans la *minéralogie*, la *paléontologie*, l'*art des mines*, l'*agriculture*, la *statistique*, l'*administration*, etc.

Pourquoi ce nombre s'est accru.

Beaucoup de personnes se sont ainsi trouvées conduites à s'occuper de géologie, et même à en faire pratiquement, afin de bien savoir en quoi cette science consiste. Il est difficile, en effet, de se former une idée exacte des faits positifs sur lesquels elle s'appuye, sans avoir fait soi-même de la géologie pratique, sans avoir voyagé; exploré au moins une contrée de quelque étendue pour bien voir comment les faits géologiques se combinent avec d'autres faits. Par suite, le nombre des géologues pratiques est devenu incessamment plus grand. On pourrait certainement en compter aujourd'hui plus de *mille*, ayant tous l'habitude des observations, en ayant fait de bonnes, ou possédant tout ce qu'il faut pour en faire. Aussi voit-on paraître chaque année des travaux géologiques en grand nombre, qui, s'ils n'embrassent pas tous des parties très-étendues de la surface du globe, n'en sont pas moins propres à éclaircir des questions intéressantes. Ces nombreux observateurs constituent, passez-moi l'expression, une sorte de petite armée, dans laquelle il y a des règles de conduite, une espèce de discipline, auxquelles sont soumis tous les individus dans la direction particulière de leur action; en voyant comment on obtient l'estime de ses pairs dans cette espèce de république, vous acquerrez une connaissance intime de l'esprit de la science, vous serez au courant de ses règles, et en état de contribuer vous-mêmes à ses progrès.

Discipline de cette petite armée.

Mon but serait d'essayer de faire bien connaître les règles suivies dans ces travaux aujourd'hui si multipliés, et de présenter la science de la manière

la plus propre à éclairer la marche de ces différentes recherches.

Le mouvement des esprits que je viens de vous signaler, tient à des causes générales que je dois passer rapidement en revue.

Les divisions que nous établissons dans les sciences étant relatives en partie à nos moyens d'observation, il est évident que, si nous acquérions de nouvelles facultés, il naîtrait naturellement de nouvelles branches de connaissances. Eh bien! les hommes ont acquis jusqu'à un certain point, depuis un certain laps de temps, non pas précisément de nouvelles facultés, mais de nouveaux développements de leurs facultés. On peut en suivre la gradation dans les siècles précédents; mais ce fait se manifeste plus particulièrement dans l'époque actuelle.

Développements que les facultés humaines ont reçu dans ces derniers temps.

D'abord l'imprimerie, inventée au 15.e siècle par Gutenberg, a beaucoup facilité les communications entre les esprits : elle a rendu les hommes des différents pays moins étrangers les uns aux autres, et elle a diminué par cela même les préjugés qui existaient chez les différentes nations les unes par rapport aux autres. Ce changement a été très-lent d'abord, mais sa marche ne s'est jamais arrêtée, et il a fini par produire ses effets inévitables. Les hommes se sont communiqués, se sont connus, se sont fréquentés davantage; on a *voyagé davantage*, et par cela même les moyens de voyager se sont naturellement multipliés, sont devenus plus faciles.

On a voyagé davantage.

Or, l'examen de la surface du globe exige avant tout des voyages; par conséquent les occasions d'observer le globe terrestre se sont multipliées à mesure

que les hommes ont été à même de se transporter plus souvent d'un pays dans un autre. Elles sont devenues en même temps plus faciles à saisir, parce que les moyens de transport se sont singulièrement perfectionnés, et par degrés ces différentes circonstances ont réagi les unes sur les autres.

Grandes expéditions maritimes.

Aussi remarquerez-vous, en considérant d'abord les principaux traits du tableau, que dans les siècles qui ont immédiatement précédé le nôtre les grandes expéditions maritimes se sont multipliées graduellement. Elles étaient d'abord très-rares; c'étaient aux 15.e et 16.e siècles des entreprises colossales que celles de *Colomb* et de *Magellan;* mais dans le siècle suivant il s'en est fait de plus nombreuses, et des expéditions beaucoup plus difficiles ont été tentées dans la seconde moitié du 18.e siècle, telles que les voyages d'*Anson*, de *Bougainville*, de *Cook*; puis celui de *Lapeyrouse*, malheureux dans son issue, mais qui avait été entrepris sur une grande et noble échelle; enfin, le même esprit qui avait créé l'Institut de France, voulut marquer le commencement de notre siècle par le voyage des corvettes le *Géographe* et le *Naturaliste*, sous le commandement du capitaine Baudin, qui partit peu après la mémorable expédition d'Égypte, accompagné de MM. Péron et Lesueur, et de M. Bory de Saint-Vincent, chargé depuis de diriger les commissions scientifiques de la Morée et de l'Algérie.

Comment elles se sont multipliées.

Depuis la paix, les voyages de circumnavigation se sont multipliés au point qu'il serait très-long de les énumérer; ils sont devenus pour ainsi dire un jeu pour la marine actuelle, par suite des perfectionnements de l'art de naviguer, joints à une con-

naissance plus complète des mers, qui permet d'en éviter plus facilement les dangers.

Les guerres ont familiarisé les peuples entre eux.

Les moyens journaliers de communication entre les différents pays, et principalement entre les diverses contrées de l'Europe, se sont en même temps singulièrement étendus et perfectionnés. Il n'y a pas jusqu'aux événements politiques qui n'y aient contribué, et en première ligne on doit placer les guerres qui ont marqué le passage du 18.e siècle au 19.e; car les guerres, en mêlant les peuples les uns avec les autres, les ont familiarisés entre eux.

Aucune classe d'événements n'a eu une influence plus profonde sous ce rapport que les grandes guerres de l'empire. L'activité infatigable avec laquelle l'empereur Napoléon a bouleversé, pendant près de vingt ans, la carte politique de l'Europe, l'énergie sans exemple avec laquelle sa main de fer a *brassé le mélange* des peuples européens, ont contribué plus qu'aucune autre circonstance à accélérer la diminution progressive des antipathies nationales. L'empereur, en obligeant les principaux souverains de l'Europe à s'unir pour lui résister, et à fondre leurs armées en une seule; en donnant lui-même pour auxiliaires et pour camarades à nos soldats ceux d'une foule de princes jadis rivaux ou même ennemis les uns des autres ou de la France; en promenant d'un bout de l'Europe à l'autre ces réunions hétérogènes, a produit de force entre les nations, ce qu'il est quelquefois difficile de réaliser entre des individus: il leur a fait *faire connaissance*, et c'est là la partie la plus durable peut-être de la mission qu'il a accomplie dans le monde.

La facilité avec laquelle on voyage aujourd'hui est la suite de ces grands événements. Aux effets qu'ils ont produits se joint la commodité tous les jours plus grande des moyens de transport, et parmi les perfectionnements dont l'influence se fait le plus sentir, se trouve l'application des machines au transport des voyageurs. Les nations, après avoir été mélangées violemment, se confondent pacifiquement; l'œuvre commencée par la poudre, est continuée par la vapeur.

Perfectionnements des moyens de transport.

Dans les premiers temps, les hommes ne voyageaient qu'à pied: plus tard, ils ont voyagé à cheval; c'est ainsi que voyageaient les chevaliers et les empereurs romains : les *voies romaines* n'étaient construites que pour des cavaliers. Ensuite, on a voyagé en voiture; on a fait des *routes carrossables*, que l'on a beaucoup multipliées dans les derniers temps. Plus tard on a imaginé d'appliquer des machines à vapeur au transport des hommes et des fardeaux, surtout à celui des hommes. L'établissement des bâtiments à vapeur a d'abord été une addition d'une haute importance aux moyens de transport commodes et rapides. Puis est venue l'invention des *chemins de fer*, qui semble encore pour ainsi dire un prestige.

Je vous rappelais, il y a un instant, *le siècle de Gutenberg*. Les progrès qu'il a légués aux hommes ont été immenses; ceux que produira l'introduction de la machine à vapeur comme moyen de réduire les distances, sont incalculables. Nous n'en voyons que le commencement, et il nous est impossible de prévoir jusqu'où iront les résultats de ce grand

Leurs effets dans l'avenir sont incalculables.

phénomène social. Ils font partie de ce nouvel avenir que M. Arago a si ingénieusement et si justement caractérisé en l'appelant *le siècle de Papin et de Watt.*[1]

Effets de la multiplication des voyages et des observations sur la science.

Tant de facilités multiplient beaucoup les voyages; et en même temps les observations qui ressortent naturellement des voyages, les comparaisons entre différentes parties du globe sous le rapport de leur aspect, de leurs formes, de la composition de leur sol, se multiplient dans une progression correspondante. La science en profite, et la quantité d'éléments nouveaux qu'elle a à s'assimiler journellement en change même jusqu'à un certain point le caractère. Elle prend un caractère de plus en plus positif; peut-être même, embarrassée de tant de richesses nouvelles, est-elle momentanément trop préoccupée de leur classement et trop détournée des grandes vues théoriques.

Accroissement du nombre des géologues.

Et c'est aussi parce que les moyens d'observation deviennent de plus en plus faciles et de plus en plus nombreux, qu'un plus grand nombre d'hommes se consacre à la culture et aux progrès de la géologie.

D'abord, aussitôt qu'une science a fait quelques progrès, et que le genre d'attrait qu'elle offre à la curiosité commence à avoir du retentissement, un plus grand nombre de personnes conçoit l'idée de s'en occuper. Mais en outre, comme la géologie résulte en grande partie de comparaisons entre le sol et les roches de divers pays, et que beaucoup plus

1. Éloge de James Watt par M. Arago. (Mémoires de l'académie royale des sciences de l'institut de France, t. XVII, p. CLXXVII.)

de personnes sont conduites aujourd'hui par leurs voyages à faire ces comparaisons, il arrive que, après les avoir faites d'une manière presque machinale, après avoir *fait d'abord de la géologie sans le savoir*, elles continuent ensuite à s'occuper de cette science par le charme inattendu qu'elles ont trouvé dans ses premières révélations.

Enfin, une des choses qui fait que l'on s'occupe davantage maintenant de géologie, c'est qu'on apprécie mieux l'utilité matérielle qu'elle présente. On voit par l'effet des comparaisons auxquelles on est conduit, que la connaissance du sol éclaire une foule de questions. Depuis longtemps on a compris son utilité pour la recherche et l'exploitation des mines. On est également d'accord aujourd'hui que cette connaissance est utile pour l'agriculture; genre de travail plus répandu et qui intéresse un beaucoup plus grand nombre d'hommes que les travaux des mines. On s'est convaincu encore que l'initiation aux études géologiques explique un grand nombre de circonstances géographiques et statistiques, et fournit une foule de données dont l'administration publique peut tirer beaucoup de lumières.

La géologie, dont l'origine est très-ancienne, n'est devenue populaire que tout récemment.

L'influence des circonstances que nous venons d'analyser a beaucoup changé, depuis un certain nombre d'années, par exemple, depuis le milieu et surtout depuis la fin du siècle dernier, la situation de la géologie. C'est aller trop loin cependant que de dire, comme on le fait quelquefois, que la géologie est une science née d'hier; c'est une science très-ancienne; c'est un ordre d'idées qui se perd,

comme les principes de toutes nos connaissances, dans la nuit des temps les plus reculés.

Les plus anciens auteurs contiennent des systèmes sur l'origine du globe terrestre, tous plus ou moins basés sur l'observation, ainsi qu'on peut s'en convaincre par le caractère différent que présentent ces systèmes suivant les contrées où leurs auteurs ont vécu [1]. Des auteurs très-anciens renferment même de la géologie descriptive, des faits, des observations souvent très-fines et très-exactes. Ainsi, dans Strabon il y en a plusieurs. Dans la plupart des géographes grecs et romains on peut en trouver de plus ou moins dignes d'intérêt.

Mais ces faits sont restés isolés, peu nombreux, et comme délaissés jusque dans le 16.e siècle. C'est seulement lorsqu'ils se sont multipliés dans une proportion plus rapide, que la connaissance a commencé à s'en répandre; et ce n'est que très-récemment qu'ils ont réellement attiré l'attention générale. Voltaire a pu, sans paraître trop ridicule aux yeux de la plus grande partie du public, attribuer à des pèlerins ou à des singes le transport des coquilles qu'on trouve sur les hautes montagnes.

Jusqu'au milieu du siècle dernier, le public connaissait à peine les accidents physiques les plus frappants que présente la surface de l'Europe, ceux qui attirent le plus, aujourd'hui, les voyageurs.

La mode des voyages a commencé vers 1740.

Ainsi, bien que Scheuchzer et d'autres auteurs eussent déjà décrit des glaciers, les *glaciers de*

1. Voyez quelques fragments géologiques extraits de *Stenon*, de *Kazwini*, de *Strabon* et de *Boun-Dehesch*. (Annales des sciences naturelles, t. 25, p. 337; avril 1832.)

Chamouni, un des phénomènes les plus curieux, les plus propres à attirer non-seulement les géologues, mais encore toutes les personnes qui s'intéressent aux grands spectacles de la nature, ont été, pour ainsi dire, découverts, en 1741, par deux Anglais.

Si vous êtes allés visiter le Montanvert, près de Chamouni, vous aurez vu cette inscription gravée au bord de la mer de glace, sur un bloc de granit nommé *pierre aux Anglais* : Excursions aux glaciers de Chamouni.

POCOCK ET WINDHAM

1741.

Ce monument, car c'en est un, indique l'époque où commença en Europe ce qu'on peut appeler *la mode des voyages*. Jusqu'alors les voyageurs n'osaient presque pas s'écarter des villes et des grandes routes, et aller dans des contrées reculées, comme les montagnes de la Savoie, qui étaient pourtant déjà habitées par une population nombreuse et intelligente. Nos deux Anglais racontent quelque part comment ils ont été à Chamouni; comment ils plantèrent leurs tentes en dehors du village; combien leur voyage parut extraordinaire aux habitants de la vallée, stupéfaits de la curiosité qui amenait ces étrangers chez eux; comment, de leur côté, les voyageurs ne s'approchaient des habitants qu'avec une sorte de crainte. A la fin, cependant, ils firent connaissance avec le prieur de Chamouni; et c'est alors qu'ils visitèrent les glaciers du Mont-Blanc : espèce de découverte dont ils parlent à peu près comme Cook raconte les siennes dans les îles de la mer du sud.

Aujourd'hui la foule se porte dans ces lieux naturellement si sauvages, et si quelque chose y choque l'homme studieux, c'est la frivolité avec laquelle le vulgaire des touristes regarde ces grands spectacles de la nature. Vous voyez quel changement s'est opéré en Europe depuis un siècle.

Voyages de Saussure.

Dans ce laps de temps les voyages scientifiques se sont multipliés dans une proportion non moins rapide. Dix-neuf ans seulement après l'espèce de découverte de Pocock et Windham, ont commencé les voyages de M. de Saussure, mais on voit encore dans le récit qu'il nous en a laissé, l'empreinte des difficultés, des craintes, de l'espèce de surprise qu'un citadin éprouvait alors à se trouver seul au milieu de ces grandes scènes naturelles. Puis sont venus les voyages de Pallas, de M. de Humboldt, de M. de Buch, et de tant de hardis explorateurs pour qui l'histoire n'a pas encore commencé. Je mentionnerai seulement ceux de Victor Jacquemont, qui, en décrivant par exemple ses courses derrière l'Hymalaya, sur les bords du Spiti, et sa rencontre avec les douaniers chinois, peint si bien la tranquille familiarité avec laquelle nos naturalistes du 19.e siècle savent interroger les contrées les plus âpres et les plus reculées.[1]

Caractère plus simple encore des voyages actuels.

Progrès de la science en rapport avec ceux des voyages.

Examinons maintenant, en parcourant l'histoire de la science, comment cet ordre de faits a réagi sur sa marche.

Jusqu'au commencement du 18.e siècle on avait

1. Victor Jacquemont, Correspondance avec sa famille et plusieurs de ses amis, pendant son voyage dans l'Inde.

recueilli quelques observations; et bien que peu nombreuses encore, elles ont servi de point de départ à Buffon et à Linné, qui sont devenus à cette époque les deux grands régulateurs de l'histoire naturelle. Ils étaient nés l'un et l'autre en 1707.[1] Buffon.

1. J. Gutenberg naquit à Mayence en 1400; il mourut le 24 fév. 1468, à 68 ans.

Louis xiv naquit à Saint-Germain le 5 sept. 1638; il mourut à Versailles le 1.er sept. 1715, à 77 ans.

Newton naquit le 25 déc. 1642; il mourut le 20 mars 1727, à 84 ans et demi.

Leibnitz naquit le 3 juill. 1646; il mourut le 14 nov. 1716, à 70 ans.

Euler naquit le 15 avril 1707; il mourut le 7 sept. 1783, à 78 ans.

Linné naquit le 24 mai 1707; il mourut le 10 janv. 1778, à 71 ans.

Buffon naquit à Montbard le 7 sept. 1707; il mourut à Paris le 16 avril 1788, à 80 ans et demi.

Guettard naquit à Étampes le 22 sept. 1715; il mourut à Paris le 8 janvier 1786, à 70 ans.

Daubenton naquit à Montbard le 29 mai 1716; il mourut à Paris le 31 déc. 1799, à 83 ans.

Desmarets naquit à Soulaine (Aube) le 16 sept. 1725; il mourut à Paris le 20 sept. 1815, à 90 ans.

Hutton naquit en 1726; il mourut le 26 mars 1797, à 71 ans.

J. A. Deluc naquit à Genève en 1727; il mourut à Windsor le 7 nov. 1817, à 90 ans.

J. Watt naquit à Greenock, en Écosse, le 19 janv. 1736; il mourut à Heathfield, dans le Staffordshire, le 25 août 1819, à 83 ans.

H. B. de Saussure naquit à Genève le 17 fév. 1740; il mourut le 22 janv. 1799, à 59 ans.

P. S. Pallas naquit à Berlin le 22 sept. 1741; il mourut le 8 sept. 1811, à 70 ans.

R. J. Haüy naquit à Saint-Just (Oise) le 17 fév. 1743; il mourut à Paris le 3 juin 1822, à 79 ans.

Caractère de ses ouvrages géologiques.

Buffon entreprit la géologie d'une manière plutôt théorique que pratique. Il avait commencé l'étude des sciences par la traduction en français de quelques-uns des ouvrages de Newton; et la grandeur des idées de Newton, la grandeur aussi des idées du siècle de Louis XIV, dont la gloire expirante avait éclairé son berceau, eurent une grande influence sur ses travaux. La pompe du grand roi semblait revivre dans son style; l'admirable simplicité des idées newtoniennes était le type sur lequel se modelaient ses conceptions. Doué du talent d'allier ces deux genres de grandeur si différents, il les porta dans toutes les parties de l'histoire naturelle, et principalement dans la géologie. Il a tracé à cette science un cadre aussi vaste que simple, dont on peut dire à sa louange qu'elle n'a pas encore complétement dépassé les bornes aujourd'hui. Sentant bien qu'il n'était pas assez géomètre pour partager avec Euler, Clairaut et Dalembert la gloire de développer le principe de l'attraction universelle, il s'est approprié l'idée de la fusion originaire du globe terrestre, de laquelle Newton avait seulement déduit le calcul de sa figure aplatie, et il en a fait la base de l'histoire naturelle inorganique. Descartes et Leibnitz

Playfair naquit en 1749; il mourut en 1819, à 70 ans.

J. D. de Dolomieu naquit le 24 juin 1750; il mourut le 7 frimaire an X (1801), à 51 ans.

A. G. Werner naquit à Wehrau, sur la Queiss, dans la Haute-Lusace, le 25 sept. 1750; il mourut à Dresde le 30 juin 1817, à 67 ans.

J. Hall naquit en Écosse en 1760; il mourut à Édimbourg le 23 juin 1832, à 72 ans.

avaient entrevu cette brillante conquête; Buffon l'a réalisée; d'autres ont travaillé depuis à la régulariser.

Buffon avait des idées de physique générale très-saines, et des instincts d'histoire naturelle extrêmement justes aussi. Guidé par les premières et inspiré par les autres, il a su deviner des secrets que ses successeurs n'ont arrachés à la nature que longtemps après lui; mais le nombre des faits bien constatés et généralement admis, surtout pour ce qui concerne la géologie, n'était pas encore assez grand pour fixer les opinions de la masse des savants, ce qui a été cause que beaucoup des idées émises par Buffon ont paru gratuites; il a plutôt agi par une sorte de séduction sur les lecteurs étrangers à la science que sur les savants proprement dits, qui ont très-souvent qualifié ses ouvrages de romans ingénieux. Ce n'est que de nos jours qu'on a commencé à rendre aux vues géologiques de Buffon toute la justice qui leur est due.

Leur influence jugement qu'on en a por dans le principe.

La route par laquelle on a été amené à la leur rendre, a été longue et embarrassée. Linné, qui était né la même année que Buffon, partageait avec lui l'attention du monde savant. Il considérait l'histoire naturelle en général, et la géologie en particulier, sous un point de vue différent; il se tenait beaucoup plus dans les faits; il marchait plus terre à terre; et la grandeur des résultats de Linné, l'attrait que ces résultats avaient pour un grand nombre d'esprits, tenait beaucoup plus à la variété, à la curiosité, à la majesté des faits en eux-mêmes, qu'à la grandeur de ses propres idées. Buffon et Linné entraient dans une même carrière par les

Linné, contemporain e émule de Buffon.

deux extrémités opposées, ce qui rend difficile de comparer les progrès qu'ils y ont faits. Linné s'éleva sans doute moins haut que Buffon en géologie, mais il prit sa revanche en botanique; à de hautes conceptions il opposa une méthode qui était elle-même une conception des plus fécondes; et il balança, et balance même encore tellement la renommée de son émule, qu'au lieu de chercher à décider auquel de ces deux beaux génies devra rester la palme, on pourrait être tenté de leur appliquer ces vers d'un de leurs plus illustres contemporains :

> Turenne, de Condé le dangereux rival,
> Moins brillant, mais plus sage, et du moins son égal.[1]

Esprits formés au milieu de leur lutte.

Bientôt après la carrière s'ouvrit pour les esprits qui avaient été initiés à la science lorsque les écrits de Buffon et ceux de Linné paraissaient concurremment. De ce nombre ont été les hommes qui ont donné le plus d'impulsion à l'étude du règne minéral vers la fin du siècle dernier, et à partir desquels plusieurs personnes comptent l'existence scientifique de la géologie. C'étaient de Saussure, Pallas, Werner, Haüy (pour la minéralogie), et quelques autres encore qui n'ont pas joué un rôle aussi immédiatement saillant.

Les premiers volumes de l'Histoire naturelle de Buffon ont paru en 1749, et on peut supposer que leur grand effet sur les esprits a dû se faire attendre

Saussure, Pallas, Haüy, Werner.

jusque vers 1760. Eh bien! de Saussure était né en 1740; il avait vingt ans en 1760. Pallas était né en 1741; il avait donc dix-neuf ans en 1760. Haüy

1. Voltaire, septième chant de la Henriade.

était né en 1743. Werner était né en 1750; il était plus jeune; mais Werner s'est livré à un genre de travail plus sédentaire, qui exigeait de moins longs préliminaires que les autres, de sorte qu'il a pu commencer plus jeune à en soumettre les résultats au public. Ainsi, tous ces savants étaient à peu près contemporains, et les premiers ouvrages par lesquels ils se sont fait connaître et par lesquels ils ont commencé à exercer de l'influence sur la science, ont à peu près la même date.

Werner a publié sa classification des caractères extérieurs des minéraux, ouvrage de cabinet, qui, à ce titre, avait pu se faire en beaucoup moins d'années que de longs voyages, en 1774, à l'âge de vingt-quatre ans; il a été nommé inspecteur des cabinets de l'académie des mines de Freyberg en 1775.

Pallas a fait ses premiers voyages dans les différentes provinces de l'empire de Russie, tant en Europe qu'en Asie et même dans la Sibérie orientale, de 1768 à 1774. Il était parti, de même que Cook, pour une expédition dont le but était d'observer, le second passage de Vénus par le disque du soleil en 1769. A son retour il a publié, en 1777, ses observations sur les montagnes, et peu d'années après, les nombreux volumes de ses premiers voyages.

Saussure avait commencé fort jeune encore à voyager dans les montagnes qui entourent Genève. De 1760 à 1764 il étudia les glaciers du Mont-Blanc; en 1768 il parcourut la France et l'Angleterre; en 1772 il mesura le Vésuve et l'Etna. C'est en 1779 qu'il a publié les premiers volumes de ses voyages dans les Alpes, dans lesquels il a consigné

tant d'observations importantes, non-seulement pour la géologie, mais aussi pour la météorologie, à laquelle il a fait faire également de très-grands progrès.

Ainsi, à quatre ou cinq années près, les premières publications de ces grands observateurs ont coïncidé. Mais cette brillante pleïade, éclose pour ainsi dire aux rayons du soleil de Buffon, a commencé par le faire pâlir.

Géologie nouvelle, plus circonspecte.

Ces divers savants qui, par le seul fait de leur contemporanéité, devaient former une école nouvelle, ont plutôt suivi les errements de Linné que les conceptions de Buffon. Ils n'étaient pas satisfaits de tout ce qu'ils trouvaient dans les ouvrages du dernier; ces grandes vues, jetées en avant, leur donnaient l'idée de beaucoup de questions d'un ordre inférieur qui n'étaient pas résolues. Ils en ont cherché la solution en interrogeant eux-mêmes la nature, et les réponses qu'ils en ont obtenues, ne leur ont pas paru conformes aux principes de Buffon. De là est née une géologie nouvelle, empreinte avant tout de la crainte de s'égarer, beaucoup plus basée sur les observations, sur les faits, que celle du philosophe de Montbard, et qui, dans ses premiers résultats, paraissait très-contraire aux idées générales de Buffon, et semblait devoir les faire classer pour toujours parmi les romans. Ce n'est qu'à la suite d'une très-longue série d'observations qu'on en est revenu à des idées analogues à celles exposées dans la théorie de la terre et dans les époques de la nature.

Il arriva naturellement que, pour attaquer un

colosse comme Buffon, pour faire sentir en quoi on croyait qu'il s'égarait, pour arriver à quelque chose de précis et de fixe, on sentit la nécessité de faire beaucoup d'observations sur le terrain, et c'est particulièrement depuis lors que la *géologie pratique* est devenue en quelque sorte une profession; c'est aussi de là, c'est-à-dire de la fin du 18.e siècle, époque à laquelle de Saussure, Pallas et Werner ont commencé leurs travaux, que date cette géologie toute positive pour laquelle on a créé le nom de *géognosie*.

On la distingue sous le nom de *géognosie*.

Ces auteurs ont eu des caractères très-différents, qu'ils ont portés dans leurs ouvrages, et dont ils ont introduit les effets dans la science.

De Saussure et Pallas étaient plus directement observateurs; tandis que Werner, qui a été observateur aussi, mais qui ne l'a été que dans un cercle assez restreint, exerçait plutôt la puissance de son génie sur la classification et la coordination des observations. Il a enseigné encore plus à analyser, à classer et à coordonner les faits, qu'à les observer sur une très-grande échelle; et ce sont principalement les préceptes qu'il a donnés pour classer et pour coordonner les faits observés, et surtout pour les décrire dans un langage fixe et précis, qui ont déterminé sa place dans la science, qui en ont fait, à certains égards, le père de la *géologie descriptive*. Il avait fait aussi une théorie de la terre; mais elle est aujourd'hui abandonnée, et on n'en parle presque plus, quoiqu'elle ait paru d'abord supplanter celle de Buffon.

École de Freyberg.

Esprit éminemment didactique, Werner fut par-

dessus tout un professeur attachant, et l'attrait qu'il sut communiquer à son enseignement, contribua puissamment à donner à son nom et à ses idées une vogue plus étendue que n'ont eu les idées de ses émules. L'école de Freyberg était, dans les dernières années du 18.e siècle, le centre des études géologiques. Il en est sorti de nombreux observateurs, qui ont fait dire avec juste titre à M. Cuvier, que «d'un bout du monde à l'autre on a interrogé la nature au nom de Werner.» C'est là, en effet, son plus beau titre de gloire.

École des hommes de 1769.

A la suite de cette école de la fin du 18.e siècle, est venue celle des hommes de 1769, qui ont commencé leurs travaux lorsque l'influence de Werner était la plus grande, à la fin de la révolution française, au moment où la chute de l'ancien régime fit place en tous genres à un nouvel ordre d'idées, où les nations commencèrent à se mêler plus qu'auparavant; alors parurent M. Cuvier, M. de Humboldt, M. de Buch, enfants, comme M. de Chateaubriand, de cette fameuse année 1769 à laquelle la naissance de Napoléon assurerait à elle seule une si longue vie dans l'histoire.

Buffon, par ses écrits, que leur style seul rendrait immortels, avait conquis pour la géologie une place imprescriptible dans la pensée humaine; de Saussure avait montré l'art d'observer; Werner celui de décrire; Pallas et Dolomieu avaient exploré des contrées inconnues et en avaient tiré des enseignements d'une importance fondamentale; M. Cuvier, dont la fin si cruellement prématurée a privé l'histoire naturelle tout entière, et la géologie en parti-

culier, d'une de ses plus vives lumières, a lié d'une manière indissoluble, par ses ossements fossiles, l'histoire de la nature inorganique à celle de développement de la nature vivante; M. de Humboldt a pris possession du globe au nom de la science, plus complétement qu'aucun autre ne l'avait fait avant lui; M. de Buch a poussé plus loin qu'aucun de ses devanciers le talent d'interroger la nature et de lui dérober ses secrets. Nestors de la science, ces deux derniers en sont en même temps les guides les plus infatigables, et leur admirable activité contribue puissamment à lui conserver ce caractère positif qu'elle doit à l'assimilation incessante d'un nombre immense de faits éclairés, mais non altérés, par des vues aussi profondes qu'ingénieuses.

Le caractère de la géologie résulte de la manière dont il faut s'y prendre pour l'étudier.

Vous avez déjà pu entrevoir que ce qui particularise le plus la géologie, comme toutes les sciences en général, c'est la manière dont il faut s'y prendre pour la cultiver. L'histoire de l'esprit humain montre à chaque pas qu'une des circonstances qui font qu'il y a des sciences distinctes, c'est qu'il faut que chaque classe de savants se spécialise dans une branche de connaissances. Quand une fois il s'agit de se spécialiser, on embrasse seulement les parties, l'étendue de connaissances qui peuvent être étudiées de la même manière, par les mêmes procédés, en s'assujettissant au même *genre de vie;* de sorte qu'une des choses qui spécialisent la géologie, c'est le genre de vie auquel les géologues sont obligés de se vouer.

Un des points les plus essentiels pour le géologue, c'est de savoir établir son cabinet de travail *en plein champ.* Péripatéticien d'un nouveau genre, il doit

pouvoir y faire ses réflexions librement, y porter son attention, séance tenante, sur toutes les choses dont il pourra tirer quelques conclusions.

En quoi elle diffère de l'astronomie et de la minéralogie.

Les géologues qui veulent recueillir des faits, sont obligés d'aller les chercher sur le terrain : de là une grande différence, par exemple entre l'astronomie et la géologie. L'astronome attend les faits, il guette les astres à leur passage au méridien, lorsque le ciel est serein, comme un *pêcheur à la ligne* attend que le poisson vienne mordre. Au contraire, le géologue va à la recherche des faits sur toute la surface du globe, comme un *chasseur*. Quoiqu'il y ait beaucoup de points de contact entre les deux sciences, c'est là un point dans lequel elles diffèrent essentiellement.

Comme les géologues rapportent de leurs voyages des roches, des coquilles fossiles, on appelle quelquefois plaisamment une excursion géologique *une chasse aux pierres*, et quelques personnes semblent penser que *l'art d'observer en géologie* n'est guère que l'art de recueillir des échantillons. Mais il y a ici une distinction à établir; le soin matériel de ramasser ces objets est le métier des collecteurs, et souvent les collecteurs le font aussi bien et mieux même que les géologues. Ces derniers pourraient, à la rigueur, se borner à indiquer ce qu'il faut recueillir, et ils doivent posséder, pour cela, un art beaucoup plus délicat : celui de choisir des échantillons, coordonnés de manière à représenter la composition minérale d'une contrée; ce n'est cependant encore là qu'une petite partie de l'art d'observer tout ce qui peut y donner matière à des dé-

ductions géologiques. Les géologues, en même temps qu'ils ramassent les échantillons qui peuvent leur servir à se rappeler et à approfondir ce qu'ils ont vu en différents points, recueillent une foule d'observations et de notes qui sont leur principale récolte et l'objet spécial de leurs voyages. Les excursions, les voyages géologiques sont, si je puis me permettre cette expression, une *chasse aux faits*, aux observations.

C'est là ce qui distingue le géologue non-seulement du collecteur, mais aussi du *minéralogiste*. Ce dernier n'examine les minéraux que dans leurs formes, leurs propriétés intrinsèques. La minéralogie est une science de cabinet : la détermination des espèces minérales se fait dans le laboratoire; peu importe d'où vient la pierre lorsque le minéralogiste l'examine. Ainsi Haüy, qui a fait faire les plus grands pas à la minéralogie, n'a presque pas voyagé; et Werner, qui considérait surtout la géologie au point de vue minéralogique, avait lui-même très-peu voyagé.

En résumé, ce qui caractérise réellement les *géologues*, c'est qu'ils vont recueillir sur les lieux mêmes les faits sur lesquels ils raisonnent; c'est à cette condition seulement qu'ils en acquièrent pour eux-mêmes et qu'ils en peuvent donner à d'autres une conscience intime.

Connaissances dont le géologue observateur doit être pourvu.

Il est nécessaire, pour bien remplir cet objet, que le géologue ait des connaissances précises et variées, qu'il soit exactement au courant de l'état de la science. Celui qui ne sait rien en géologie, ne sait ce qu'il doit observer; celui qui n'a que des con-

naissances vagues et superficielles, qui n'a pas de connaissances appropriées, parcourt quelquefois une très-grande étendue de pays sans rien voir, sans faire attention à ce qu'il voit. Il faut avoir l'attention éveillée pour être frappé des faits quelquefois les plus palpables. C'est pour cela que, pendant des siècles, on est demeuré en présence des phénomènes les plus curieux, sans les remarquer, et on est quelquefois bien étonné, lorsqu'on a eu l'attention appelée sur un nouveau genre d'observations, d'apercevoir, dans une localité regardée comme très-connue, des choses qui ont été vues mille fois et qu'on n'a pas encore signalées. Il est quelquefois nuisible, cependant, d'avoir des idées préconçues sur les objets que l'on va observer, parce qu'on est porté à voir les choses comme à travers un prisme.

Dans quel esprit il doit diriger ses observations.

Celui qui n'a que des idées systématiques, voit partout des confirmations plus ou moins forcées de ces idées, et ne voit pas autre chose; mais il est nécessaire que l'attention soit attirée vers les différentes questions auxquelles on peut répondre par les observations.

On croit quelquefois, lorsqu'on n'a qu'une connaissance très-superficielle de la géologie, que les géologues voyagent pour vérifier différents systèmes. C'est s'en faire aujourd'hui une idée extrêmement fausse. Les voyageurs qui, depuis un certain nombre d'années, ont exposé leur vie dans des contrées lointaines et inhospitalières pour l'avancement de la géologie, ne l'ont pas fait en vue de tel ou tel système, mais pour recueillir des observations, pour élever les apparences de telle localité, inconnue

avant eux, au rang de faits scientifiques avérés. La célébrité de quelques localités devenues classiques par les découvertes qu'ils y ont faites est le monument qu'ils ont réellement ambitionné. Il est au reste peu de monuments plus durables, et jamais, sans doute, on ne fera la liste des volcans sans répéter à la suite des noms du mont Érèbe et du mont Terror celui de l'intrépide capitaine Ross qui les a découverts au milieu des glaces du pôle austral.

Cette noble ambition, qui a fait braver souvent aux voyageurs tant de privations et de dangers, est en parfaite harmonie avec la marche actuelle de la science. Le grand avantage et le grand mérite de la forme qu'a pris de nos jours la géologie, c'est de présenter un cadre où les faits nouveaux viennent se ranger d'eux-mêmes, et où ils reçoivent une nouvelle valeur de leur *simple juxtaposition à des faits déjà connus*, pour ainsi dire, comme des chiffres qui reçoivent une grande valeur des autres chiffres, ou même des zéros près desquels on les inscrit.

Des faits isolés, dont la tendance et la portée ne peuvent pas toujours s'apprécier directement, acquièrent une très-grande importance lorsqu'on peut les coordonner avec d'autres. Convaincus de cette vérité, des observateurs se sont passionnés avec raison pour observer des faits en apparence peu considérables, qu'il ne s'agissait que de constater par un oui ou par un non, et ils ont par là fait faire des progrès réels à la science. Telle petite circonstance observée aux antipodes, en Bolivie, dans l'Inde, est venue combler quelquefois une lacune fâcheuse dans les observations recueillies en

Europe, ou en montrer la généralité. Il est utile, en pareil cas, que l'attention soit éveillée. Un observateur non stimulé n'y aurait peut-être pas fait attention; ne sachant pas que des remarques du même genre avaient été faites dans d'autres pays, il en aurait méconnu l'importance.

De pareilles lacunes à remplir sont des pierres d'attente précieuses pour l'explorateur; mais pour être apte à profiter de ces occasions, il faut avoir une connaissance étendue des observations déjà faites; il faut connaître les groupes naturels de faits qui se sont manifestés déjà; mais qui sont restés incomplets, et qui sont susceptibles d'être complétés par des observations nouvelles, recueillies surtout dans des pays inexplorés.

Comment la science doit lui être enseignée.

Préparer à cette tâche souvent glorieuse et toujours éminemment profitable à la science, doit être l'objet principal d'un cours destiné à présenter la géologie de la manière la plus propre à guider dans l'observation, et à rendre les observations aussi fécondes, aussi productives que possible.

Pour y parvenir, surtout maintenant que le nombre des faits est déjà très-considérable, il n'y a rien de mieux à faire que de partir des faits connus et de les prendre eux-mêmes pour guides.

Les faits se tiennent tous comme par la main, et s'enchaînent les uns aux autres. Les faits connus sont comme autant de jalons qui conduisent aux faits inconnus; ils s'alignent pour ainsi dire les uns avec les autres. Les uns et les autres font partie de lignes continues et régulières, où quelques parties une fois connues font deviner la direction du reste.

Quand une fois on a saisi le fil, il n'y a plus qu'à le suivre; on est presque sûr dans la direction indiquée d'être conduit des faits connus à des faits nouveaux, de trouver des choses intéressantes et utiles à constater; et on y est conduit bien plus sûrement que si on allait à l'aventure, ou guidé seulement par des considérations théoriques qui, souvent, lorsqu'on s'écarte des observations qui leur servent de base, peuvent cesser d'être exactes, et induire en erreur.

Enchaînement des faits.

La manière de grouper les données de la science qui est la plus propre à guider l'observateur, est celle qui met le mieux en évidence cet *enchaînement des faits*, qui mène du connu à l'inconnu. En traçant ces espèces d'alignements qui conduisent des faits connus aux faits inconnus, on dessine en quelque sorte les bases de la géologie. On met ainsi en évidence les *pierres d'attente de la science* et tous les joints de l'édifice scientifique.

La géologie est une science très-peu développée par rapport à ce qu'elle doit devenir un jour. C'est une *science en construction*, dont on ne pourrait même encore indiquer le plan complet que d'une manière conjecturale; mais on peut suivre les contours des constructions inachevées, voir les pierres d'attente qu'elles présentent, et indiquer où elles paraissent tendre. En examinant les fondements déjà posés, on arrivera à se faire une idée de ce que devra être l'ensemble; et ce qu'on pourra en deviner sera du moins appuyé sur des bases certaines. On procédera ainsi pour un édifice à terminer, mais dont le plan existe dans la nature,

La géologie n'est encore qu'une science en construction.

Son plan même n'est pas encore complétement dévoilé.

comme procède l'archéologie pour des monuments qui ont existé, mais dont il ne reste que des ruines.

Rapports de la géologie avec l'archéologie.

Envisagée même au point de vue le plus général, la géologie a beaucoup de ressemblance avec l'archéologie considérée comme base de l'histoire, de ces parties de l'histoire qui doivent être créées de toutes pièces, en raison de ce qu'on manque de documents écrits, de ce qu'on est obligé de se baser simplement sur des monuments laissés, par exemple, par des peuples dont l'histoire n'a jamais été écrite. L'archéologue cherche à rétablir ces parties de l'histoire d'après l'observation des tombeaux, des temples, des villes ruinées, des médailles; la géologie cherche à retrouver l'histoire de la terre d'après l'observation des monuments naturels, d'après les traces que les différents événements, dont notre globe a été le théâtre, ont laissés sur sa surface.

Avantages qu'elle a sur cette dernière.

La géologie a, sous ce rapport, deux avantages sur l'archéologie : d'abord, le nombre des faits naturels, des traces d'événements physiques imprimées sur la surface de la terre, est plus considérable que le nombre des monuments que les hommes y ont construits. Ainsi, la géologie est une science bien plus riche sous le rapport du nombre des faits. Ensuite, quand il s'agit des déductions qu'on peut en tirer, la géologie a encore un avantage sur l'archéologie. Si on cherche à baser l'histoire sur les monuments laissés par les hommes, on est naturellement conduit à établir des liaisons entre les événements d'après les lois qui président ordinairement à l'accomplissement des faits sociaux. Dans l'histoire des événements naturels arrivés sur le

globe, on est conduit de même à chercher des liaisons entre les phénomènes successifs d'après les lois naturelles qui les régissent également. Or, les lois qui régissent les phénomènes naturels sont beaucoup plus simples, mieux constatées et plus faciles à connaître à fond que celles qui lient les faits sociaux entre eux; de manière qu'on peut espérer, après avoir recueilli un nombre suffisant d'observations, d'arriver, en les coordonnant convenablement, à connaître les origines de certains terrains avec plus de certitude peut-être que les origines de certains peuples. Mais il faut procéder pour cela avec toute la méthode, toute la sévérité que mettent les historiens en procédant sur des bases archéologiques pour établir les vérités historiques.

Systèmes géologiques de plus en plus difficiles à établir.

Les spéculations par lesquelles les géologues cherchent à rétablir l'histoire de la terre, d'après les monuments qui se trouvent à sa surface, deviennent tous les jours plus embarassantes à manier. Les dernières années ont ajouté beaucoup d'éléments nouveaux à l'édifice, et tous les jours on l'élève davantage. Il devient ainsi plus difficile d'en gravir le faîte pour en saisir l'ensemble. Cependant, pour se faire écouter sur ce chapitre si séduisant, on est toujours obligé de montrer qu'on se base sur l'ensemble des faits observés. Ces faits se multipliant sans cesse, il devient de moins en moins facile de présenter une théorie assez évidemment en harmonie avec ce qui est géneralement connu pour obtenir d'être au moins prise en considération. C'est pour cela que l'apparition de nouveaux systèmes devient de plus en plus rare. Ce n'est pas que les spéculations géologiques

Ils deviennent de plus en plus rares.

aient rien perdu de l'attrait qu'elles présentaient dans l'enfance de la science; au contraire, les faits curieux qu'on découvre sans cesse leur donnent à chaque instant un nouvel aiguillon. Mais il n'est plus possible d'établir légèrement des systèmes, d'introduire dans la science, avec quelque apparence de fondement, des aperçus hasardés. Or, c'était là ce qui était dans l'origine le plus facile à faire. Voilà pourquoi on faisait autrefois tant de systèmes, tandis qu'aujourd'hui on en fait si peu.

Ils ne peuvent plus déconsidérer la science.

Il est bien plus rare aujourd'hui de voir présenter aux académies un nouveau système géologique qu'un nouvel essai de *quadrature du cercle.* Mais, de même que les tentatives faites encore de temps à autres, par quelques esprits mal avisés, pour trouver la quadrature du cercle ne déconsidèrent pas la géométrie, qui repose sur des bases immuables, de même certaines idées hasardées, qui pourraient être mises en avant par quelques individus, ne peuvent faire perdre de vue à personne les bases larges et solides sur lesquelles l'observation fait reposer la géologie.

Des systèmes absurdes ont eu souvent de l'utilité.

Quant à ces systèmes si promptement abandonnés, qui ont été les premiers jeux de l'enfance de la science, aucune des branches de l'histoire naturelle ne les a complétement évités, et cela aurait peut-être été plus difficile à la géologie qu'à toute autre science, à cause de la nature même de son objet. Il est certain qu'ils ont quelquefois été un obstacle par la peine qu'il a fallu prendre pour en réfuter quelques-uns; mais les géologues de nos jours, tout pénétrés qu'ils sont à juste titre des dangers de l'es-

prit systématique, auraient tort, je crois, de savoir trop mauvais gré à leurs devanciers d'avoir présenté un très-grand nombre de systèmes, même de ceux dont il n'est resté qu'un souvenir ridicule. Si on traite quelquefois ces systèmes avec dédain, on ne doit cependant pas se montrer à leur égard d'une complète ingratitude, car ils ont eu leurs avantages qu'on ne saurait méconnaître : ils ont servi à mettre en lumière les faits à expliquer, à les signaler à l'attention, à les rapprocher, et, comme l'a dit un écrivain aussi savant qu'ingénieux, à *accoutumer l'esprit humain à porter enfin une vue philosophique sur ces étonnants phénomènes et à oser se mesurer avec eux.*[1]

« Un autre avantage, et plus précieux encore, » continue M. Flourens, « c'est que tous ces systèmes, excitant les esprits, amenèrent bientôt de toutes parts des observations plus nombreuses, plus précises, plus complètes, dont le premier effet fut de renverser tout ce que ces systèmes avaient d'imaginaire et d'absurde; et le second, de fonder sur leurs débris mêmes la véritable théorie, l'histoire positive de la terre. » Ils ont tout au moins servi à en préparer peu à peu les éléments en faisant naître par degrés l'habitude de grouper ensemble, de la manière la plus naturelle, *par familles*, pour ainsi dire, les faits dont aucun système ne pouvait nier la certitude, et que tous étaient forcés de mettre en œuvre. Le groupement, une fois opéré, a survécu

Faits réunis par groupes naturels.

1. Éloge de Cuvier, par M. Flourens. (Mémoires de l'académie royale des sciences de l'Institut de France; tome XIV, page XXII.)

aux idées souvent hasardées, qui avaient servi à rapprocher les faits isolés, à faire sentir leurs analogies. Ces groupes naturels subsisteront toujours; ce sont des *faits généraux*, acquis définitivement à la science. Les faits individuels qui se ressemblent, resteront toujours rapprochés les uns des autres, et ne cesseront plus de s'éclairer mutuellement : résultat bien précieux; car le lien de chacun de ces groupes n'est autre chose que le germe d'une loi partielle, analogue par sa nature à ce que sont en astronomie les lois de Kepler. De l'interprétation de toutes ces lois réunies se composera finalement, comme l'a si bien fait sentir M. Ampère, la théorie de la terre.[1]

Chacun de ces groupes contient le germe d'une loi naturelle.

L'observateur doit bien connaître ces groupes naturels de faits.

Sur le terrain, dans ses voyages, l'observateur doit surtout songer à compléter ces groupes naturels de faits. L'attention fixée sur chacun de ces groupes excite à de nouvelles observations, qui tendent pour ainsi dire tout naturellement à les arrondir. Il suffit que le voyageur possède bien les éléments principaux de chacun d'eux pour voir, dans des contrées nouvelles non explorées, quelles sont les circonstances qui viennent y ajouter un fait nouveau. Il n'y a donc rien de plus utile, pour se préparer à faire de nouvelles observations, que d'apprendre à bien connaître ces groupes naturels de faits d'après les rapports mutuels qui les unissent entre eux, et en se servant quelquefois même, au moins comme moyen mnémonique, des idées théoriques qui ont pu conduire à les rapprocher.

1. Ampère, Essai sur la philosophie des sciences (1834).

Au reste, ce groupement des faits analogues n'a pas toujours eu besoin d'être provoqué par des idées systématiques. Souvent il a précédé toute conception théorique, et il est résulté tout simplement de circonstances relatives à diverses industries, qui ont conduit à rapprocher les faits géologiques les uns des autres, à les réunir par groupes naturels, presque machinalement et d'après l'emploi qu'on faisait de leur connaissance. Ainsi, l'exploitation des mines a conduit depuis très-longtemps et pour un grand nombre de faits à les associer entre eux. Ces groupes de faits sont connus de temps immémorial de ceux qui exploitent les mines, et l'art de diriger matériellement les travaux des mines, ce qu'on pourrait appeler le *pilottage souterrain*, n'est réellement que la combinaison de la géométrie avec ces résultats d'une expérience séculaire.

Faits groupés quelquefois d'après leur seule utilité.

L'art des mines en offre un exemple.

L'art de trouver les métaux, et même celui de les travailler, ont subi dans le cours des siècles bien moins de changements que la science pure; la science en ce qui concerne les mines et les fourneaux n'est, à beaucoup d'égards, que la pratique élaborée; ce sont surtout les explications scientifiques qui ont changé. Depuis longtemps les mineurs faisaient à peu près ce qu'ils font aujourd'hui; seulement ils le faisaient sans s'expliquer pourquoi, et par conséquent moins à propos qu'ils ne sont dans le cas de le faire aujourd'hui.

L'*art des mines* est postérieur aux premières exploitations, de même que l'*art nautique* est postérieur aux premiers voyages maritimes. L'un et l'autre se sont formés par une série de comparaisons,

de déductions et d'emprunts faits discrètement à diverses branches des sciences.

Il est plus long de se pénétrer des règles pratiques par une longue expérience que de les apprendre méthodiquement ; on peut apprendre aujourd'hui en quelques mois ce qu'on ne parvenait à savoir autrefois par routine qu'à la fin de sa carrière, parce qu'on ne faisait qu'entasser un grand nombre de faits sans les analyser. Aujourd'hui on essaye de les comprendre, ou du moins de les associer méthodiquement, et cette partie intelligente de l'art des mines est devenue l'une des *sources* et des *bases* les plus solides des connaissances géologiques.

Géologie appliquée.

Les indications que la géologie peut fournir aux mineurs en sont la partie applicative. Rien n'empêche de considérer la science par ce côté d'utilité matérielle, et d'exposer directement et méthodiquement les indications qu'elle fournit à l'art des mines : c'est là ce qu'on appelle la *géologie appliquée*, dont il existe d'excellents traités.

Utilité que la science pure en retire.

Ces applications ont pour la géologie l'immense avantage de soumettre ses conclusions à l'épreuve de la pratique ; mais cette science a tiré un avantage plus grand encore de son contact avec les exploitants, en s'assimilant cette foule de notions positives, dont sont convaincus tous les hommes pratiques qui dirigent les mines, les carrières et autres excavations. La plupart de ces praticiens ne s'occupent pas spécialement de géologie, et ont même contracté une sorte de dédain pour les spéculations des géologues par l'habitude de vivre au milieu de faits de détail qu'elles n'expliquent pas complète-

ment. Il n'est pas rare de les entendre se vanter *de ne pas croire à la géologie :* prétention qui montre seulement que la science *ne leur a pas été présentée* sous son véritable jour. Ils ne savent pas que les notions pratiques, dont ils ont acquis la conviction par expérience, sont des matériaux que la science recherche avec empressement pour en construire les fondements de son édifice, et qu'après s'être montrés eux-mêmes très-bons géologues comme observateurs, ils ne font, dans leur scepticisme, que se piquer de n'avoir pas su poursuivre les déductions les plus naturelles de leurs propres observations.

Scepticisme de quelques exploitants.

On a vu plus d'une fois des officiers de santé, et même des médecins, se vanter de ne pas croire à la médecine, et trouver, dans ce langage dubitatif, un élément de succès auprès de certains malades. Beaucoup de directeurs de mines, souvent très-habiles et très-instruits, se sont trouvés dans une position analogue vis-à-vis de leurs actionnaires. Mais, de même qu'on ne voit pas de médecins se vanter de ne pas savoir l'anatomie, on ne voit pas non plus de directeurs de mines annoncer à leurs actionnaires qu'ils n'ont pas encore débrouillé l'agencement des masses minérales qu'ils sont chargés d'exploiter. Ils n'en trouveraient pas d'assez simples pour voir, dans l'ignorance des faits aussi matériels, une chance de bonne direction.

Ici apparaît une classification des notions géologiques dans l'ordre de leur utilité pratique, qui n'est pas moins applicable au géologue observateur qu'à l'exploitant. Pour ce dernier la constatation des faits matériels a naturellement le pas sur toute

On le retrouve dans beaucoup de voyageurs.

espèce d'hypothèse et même de déduction. Ce qui est une nécessité pour lui, doit être une loi pour le voyageur. L'esprit sceptique d'un grand nombre d'exploitants a été aussi celui de beaucoup de voyageurs, auxquels il n'a pas été plus nuisible qu'aux premiers. L'art d'exploiter la surface du globe dans l'intérêt de la géologie a, en effet, beaucoup de rapports avec celui d'exploiter les mines. Il a pour objet d'enrichir la science de faits nouveaux, et il procède de son côté d'après la connaissance des circonstances qui ont conduit à reconnaître les faits déjà constatés. Il y a, qu'on me passe l'expression, des *filons* de faits curieux dont on peut poursuivre l'exploitation sur toute la surface du globe en se laissant guider simplement par leurs connexions. L'homme le plus capable de le faire dans un point donné est celui qui possède le mieux les observations faites ailleurs, qui les possède méthodiquement, *par groupes naturels*, et qui, à la première vue d'un fait, peut y reconnaître une *confirmation*, une *différence*, ou le *comblement d'une lacune*.

L'art de découvrir les faits géologiques ressemble à l'art des mines.

Art d'observer en géologie.

Enseigner *l'art d'observer en géologie*, ce serait donc tout simplement présenter les faits géologiques par groupes naturels, en mettant bien en évidence les *pierres d'attente* et les *lacunes*; puisque c'est beaucoup moins d'après la connaissance des théories que d'après la connaissance des groupes naturels de faits qui existent dans la science, et d'après celle des lacunes et des possibilités d'accroissement que les groupes naturels de faits peuvent présenter, que le géologue observateur peut se diriger avec

sûreté et espoir de succès. Ainsi, d'après le but que je voudrais essayer d'atteindre, mon objet principal devra être de vous présenter les faits connus *par familles* de la manière la plus propre à éclairer l'observateur qui va dans un pays nouveau, qui même, allant dans un pays en partie connu, veut s'y livrer aux observations nouvelles qui peuvent encore y rester à faire. Il est surtout nécessaire aux explorateurs de bien connaître l'esprit des observations à faire relativement à chaque groupe naturel de faits, le point délicat des observations dans chaque cas. Comment on peut l'enseigner.

De Saussure a eu un sentiment aussi juste que profond de cette vérité, lorsqu'en écrivant l'*Agenda du géologue*[1] il a dit que par là il avait eu le désir de placer les voyageurs, et surtout les jeunes gens qui commençaient, au même point où il était arrivé par trente-six ans d'études et de voyages. Le titre modeste de cet ouvrage ne lui enlève rien de son importance, que le nom illustre de son auteur relève d'ailleurs suffisamment; il présente le recueil méthodique de toutes les questions que le géologue, le météorologiste et le physicien peuvent se faire dans leurs voyages dans les différentes parties du globe. *Agenda* de Saussure.

1. *Agenda* ou Tableau général des observations et des recherches dont les résultats doivent servir de base à la théorie de la terre. Cet agenda a été inséré à la fin du 4.e volume des Voyages dans les Alpes. M. de Saussure l'avait envoyé d'abord au conseil des mines, pour être imprimé dans son journal; il a paru, en effet, pour la première fois dans le journal des mines, tome IV, n.° XX, page 1.re (floréal an IV — 1796).

Peut-être aujourd'hui l'*Agenda* de Saussure paraîtrait-il rédigé dans un esprit trop théorique; mais on ne doit pas oublier qu'à l'époque où Saussure l'a écrit, les groupes naturels de faits étaient loin de se dessiner comme ils le font maintenant, que cinquante ans d'observations sont venus s'ajouter à celles qu'il avait faites dans les Alpes. Lorsqu'on lit l'*Agenda* avec attention, on est surpris de l'à-propos encore actuel de la plupart des questions qu'il renferme. On a répondu à plusieurs de ces questions, du moins en partie. On a vu que quelques-unes portaient sur des points qui n'avaient pas l'importance qu'on pouvait leur attribuer à la fin du siècle dernier; mais il y en a, et c'est le plus grand nombre, qui portent encore très-juste. Cet *Agenda* est véritablement le guide le plus sage et le plus excitant à la fois que le géologue puisse avoir pour ses observations. Il y a lieu seulement de le compléter, de l'étendre, de le modifier en quelques points, d'établir certains rapprochements entre des faits moins isolés aujourd'hui qu'ils ne l'étaient du temps de Saussure; et c'est peut-être une des manières les plus intéressantes et les plus instructives de présenter la géologie.

Il sera la base et le point de départ de ce cours.

Ce sera celle que j'essaierai de suivre dans ce cours, où je chercherai à vous présenter les faits connus de la manière la plus propre à conduire vers les faits à découvrir.

DEUXIÈME LEÇON.

(12 décembre 1843.)

Objet et plan du cours.

Messieurs,

Je vous ai déjà exposé l'objet dont je compte vous entretenir cette année. Nous nous occuperons de la géologie considérée dans les faits qui lui servent de base et dans la manière de les recueillir et de les étudier. C'est là que l'on peut aujourd'hui le mieux saisir l'esprit de la science, voir tout ce qu'elle a de positif, et combien on se trompe quelquefois, lorsque, sur des aperçus vagues et incomplets, on la considère comme étant une science purement spéculative.

L'*Agenda* de Saussure servira de point de départ.

Le point de départ naturel et un des meilleurs modèles à suivre dans cette manière d'envisager la géologie, est l'*Agenda* rédigé par de Saussure dans les dernières années du 18.e siècle. Désirant me rapprocher autant que possible de la marche tracée par ce grand observateur, je commencerai par indiquer l'ordre des chapitres dont il avait composé son *Agenda*, qu'il appelait aussi *Tableau général des observations et des recherches, dont les résultats doivent servir de base à la théorie de la terre.*

Tableau des chapitres de l'*Agenda* de Saussure.

Les titres des chapitres suffiront pour donner une première idée de tout l'ouvrage; les voici :

Chap. 1.er Principes astronomiques.
— 2. Principes chimiques et physiques.
— 3. Monuments historiques.
— 4. Observations à faire sur les mers.
— 5. Observations à faire sur le bord de la mer.
— 6. Observations sur les fleuves et autres eaux courantes.
— 7. Observations à faire dans les plaines.
— 8. Observations à faire sur les cailloux roulés.
— 9. Sur les montagnes en général.
— 10. Observations à faire sur les couches de la terre et des montagnes.
— 11. Observations à faire sur les fentes.
— 12. Observations à faire sur les vallées.
— 13. Observations à faire sur les montagnes tertiaires, ou qui sont composées de débris des autres montagnes.
— 14. Observations à faire sur les montagnes secondaires.
— 15. Observations à faire sur les montagnes primitives.
— 16. Observations à faire sur les transitions.
— 17. Observations à faire sur les restes et les vestiges de corps organisés qui se trouvent dans la terre, dans les montagnes ou à leur surface.
— 18. Observations à faire sur les volcans.
— 19. Recherches à faire sur les tremblements de terre.

Chap. 20. Observations à faire sur les mines de métaux, de charbon et de sel.
— 21. Recherches à faire sur l'aimant.
— 22. Erreurs à éviter dans les observations relatives à la géologie.
— 23. Instruments nécessaires au géologue voyageur.

Lacunes de cet *Agenda*. Les formations y tiennent trop peu de place.

Tel est le cadre que de Saussure a embrassé. Il comprend toute la géologie. Toutefois vous remarquerez que le tableau des formations, dont la succession a été établie par les géologues modernes, surtout par ceux de l'école de Werner, n'occupe que très-peu de place dans l'*Agenda* de Saussure, parce que de son temps on s'en était très-peu occupé hors de l'école de Freyberg. — C'est, en effet, à Werner qu'est due la conception des formations considérées comme autant de types distincts auxquels viennent se rattacher une grande partie des observations géologiques. Il manque plusieurs autres choses dans l'*Agenda* de Saussure, parce que cela manquait dans la science lorsqu'il a été rédigé.

Je reprendrai beaucoup de choses dans cet *Agenda* au fur et à mesure que l'occasion s'en présentera. Je ne pourrai, sans doute, me renfermer exactement dans le plan de Saussure, l'état actuel de la science ne le permet pas; mais je m'en rapprocherai le plus possible, c'est-à-dire que je suivrai la partie de la marche de l'*Agenda* qui est fondée sur celles des idées de Saussure qui sont définitivement adoptées, et cela me sera d'autant plus facile, que l'ordre le plus naturel des matières s'y trouve généralement observé.

Coup d'œil sur ce qu'un géologue a à faire dans un pays entièrement inconnu.

Malgré ce qu'il présente d'incomplet sous quelques rapports, le cadre embrassé par de Saussure dans cet *Agenda* renferme un certain nombre d'objets qui sont ordinairement exclus des traités et des cours de géologie. Mais on se convaincra aisément qu'il est souvent difficile au géologue de ne pas comprendre en effet ces objets dans le cercle de ses recherches. Il suffit pour cela de suivre par la pensée un voyageur dans une contrée inexplorée.

En effet, on ne se pénètre jamais plus intimement de l'enchaînement naturel des idées relatives à la géologie, qu'en suivant par la pensée les géologues dans des contrées où ils ont tout à faire, dans des contrées qui n'ont encore été soumises à aucune ou presqu'à aucune observation. On voit qu'ils sont obligés de s'occuper d'une foule d'objets qui s'enchaînent entre eux, tels que la détermination des latitudes et des longitudes, la mesure des hauteurs, la détermination des éléments du climat, les formes pittoresques du sol, sa topographie, ses principales productions.

M. de Humboldt et les autres grands voyageurs modernes.

C'est ce qu'a fait M. de Humboldt, par exemple, lorsqu'il a parcouru les différentes régions du nouveau monde, et ce qu'ont fait à son exemple d'autres géologues s'occupant de même de la science sous le point de vue le plus élevé.

Géologues américains.

C'est ce que l'on voit aussi dans les explorations très-nombreuses et très-circonstanciées auxquelles on se livre aux États-Unis d'Amérique. On a, en effet, commencé dans ce pays à faire de la géologie avec beaucoup d'activité. On y compte un grand nombre de géologues qui font des observations très-sérieuses et très-suivies. Comme ils considèrent la

chose au point de vue de l'utilité, et que les personnes qui dirigent les affaires publiques sentent les avantages de la science, de la géologie en particulier, on s'est occupé de faire des cartes géologiques des différents états, des Carolines du nord et du sud, du Massachusetts, du Connecticut, du New-Hampshire, du Maine, de Rhode-Island, de New-York, de Pennsylvanie, du Maryland, du New-Jersey, de Delaware, de Virginie, de Géorgie, de l'Ohio, du Tennessée, du Kentuky, de l'Indiana, du Michigan, etc. Chacun de ces États a sa carte géologique faite ou commencée.

La nature même de leurs travaux met en lumière les rapports de la géologie avec les sciences collatérales et avec les arts qui en dépendent.

En Amérique, ces entreprises ont un caractère de généralité à la fois intéressant et instructif. Les ingénieurs américains ont à faire l'exploration complète de la nature du pays; et la manière dont ils procèdent peut donner une idée des rapports de la géologie avec toutes les sciences qui l'environnent, et auxquelles elle peut servir de lien commun. On voit dans la marche même qu'ils sont conduits à suivre, comment toutes ces parties se tiennent entre elles, beaucoup mieux qu'en Europe, où la plupart des contrées ont déjà subi une exploration plus ou moins étendue, qui a d'avance fractionné la tâche. Là on n'a pas, comme en Europe, de cartes topographiques publiées à l'avance. Ainsi les géologues ont à faire ou à compléter la carte géographique et physique; ils ont à mesurer les hauteurs; ils ont ensuite à déterminer la composition du sol. On les charge en même temps des explorations relatives aux circonstances d'utilité publique qui peuvent résulter de la nature du sol, relativement à l'agricul-

ture, à l'évaluation des terres en friche que l'État a à vendre, à l'indication de toutes les carrières, de toutes les mines qui peuvent s'y trouver.

Ce sont donc des fonctions très-importantes que celles de ces *géologistes* (*geologists to the state*), comme on les appelle. Véritables *éclaireurs* de la science et de l'industrie, ils ont une mission beaucoup plus vaste à remplir que celle des ingénieurs des mines en France, même de ceux qui sont chargés à la fois de l'exécution des cartes géologiques et de la surveillance des mines et des usines.

En Europe les géologues n'ont que rarement à donner des indications pareilles à celles qu'on demande aux *géologistes* américains, parce que les principales carrières, les principales mines sont connues depuis longtemps. En Amérique, où la civilisation s'installe chaque jour dans des contrées qui n'avaient pas même encore été défrichées, les *géologistes* ont à s'occuper de la science dans toute son intégrité, parce qu'aucune partie du travail n'a été faite d'avance, et ils doivent y procéder d'une manière méthodique. Il faut même, quand ils ont indiqué une mine, qu'ils fassent connaître la méthode à suivre pour l'exploiter. Leur mission s'étend en outre à l'examen des productions du sol, à l'examen de la flore et de la faune du pays, de manière que le travail dont les cartes géologiques sont l'occasion, est une investigation encyclopédique de chaque État.

L'objet du cours sera plus restreint.

Je ne considérerai pas les choses sous un point de vue aussi général : cela nous conduirait beaucoup trop loin. Tout en prenant pour guide l'*Agenda* de

Saussure, je ne m'occuperai même pas des chapitres de cet *Agenda* qui ont rapport aux observations astronomiques et aux principes relatifs à la physique et à la chimie; mais j'aurai à m'occuper de tous les autres objets qui y sont traités, en exceptant encore cependant le chapitre consacré à l'aimant, parce que maintenant les observations magnétiques ont pris un très-grand développement et sont devenues, comme la météorologie et l'hydrographie, une branche spéciale de la physique du globe.

Commencer par les instruments nécessaires aux géologues voyageurs.

Mais je crois utile d'attirer votre attention dès le début sur l'objet du vingt-troisième et dernier chapitre, relatif *aux instruments nécessaires aux géologues voyageurs*; j'y trouverai l'occasion de donner les détails indispensables sur le matériel des observations et sur la manière de faire les mesures qu'elles comportent. Il est peu important de mettre cet article au commencement ou à la fin; je le placerai au commencement; mais je me bornerai à vous indiquer l'usage des instruments dont le géologue a besoin de se munir dans les circonstances ordinaires. Je crois qu'il serait peu opportun de m'occuper de ceux qui ne lui deviendraient nécessaires que dans le cas où il entreprendrait l'exploration d'un pays sous le point de vue étendu, dont j'ai parlé tout à l'heure, ou dans certains cas particuliers qui exigent une préparation spéciale.

Monuments historiques.

Les monuments historiques auxquels de Saussure consacre son troisième chapitre, nous occuperont ensuite relativement à la manière dont ces monuments ont résisté à l'action des agents extérieurs et fourni des points de repère pour évaluer l'action de ces agents.

Nous passerons immédiatement après aux objets des quatrième, cinquième, sixième, septième et huitième chapitres : *Observations à faire sur les mers ; observations à faire sur les bords de la mer; observations à faire sur les fleuves et autres eaux courantes; observations à faire sur les plaines ; observations à faire sur les cailloux roulés.* Ces différents sujets, que les progrès de la science nous obligeront à grouper un peu autrement que ne l'a fait Saussure, nous arrêteront quelque temps.

Terre végétale.

Nous nous occuperons en premier lieu de ce qui frappe d'abord les regards de l'observateur, des observations qui se présentent relativement à la surface même du sol, de la terre végétale qui forme le plus souvent cette surface, de la végétation qui la cache et qui la fixe, des monuments humains et des monuments naturels qui en démontrent la stabilité générale, des dégradations et des changements qu'elle éprouve journellement en quelques points, des agents qui opèrent ces changements.

Action des agents extérieurs.

Nous aurons par conséquent à parler des vents, des pluies, des rivières, des mers. Je n'entrerai cependant à leur sujet que dans les détails indispensables ; ces objets font partie de la météorologie et de l'hydrographie, qui sont des branches à part; j'irais beaucoup trop loin si je voulais y entrer d'une manière approfondie : je me bornerai à signaler leurs points de contact avec la géologie.

Nous aurons à étudier l'action de ces agents, non-seulement sur la terre et sur les roches en place, mais sur les monuments humains; parce que ces monuments nous présentent une forme déterminée,

et que nous pouvons nous rendre parfaitement raison de ce qu'a été cette forme à son origine, et souvent aussi de la durée du temps qui s'est écoulé depuis leur construction : ce qui nous donne deux éléments essentiels, pour nous rendre raison de l'action exercée par les agents extérieurs.

Nous examinerons si ce ne serait pas dans ces premières parties du cours qu'il conviendrait le mieux de parler des glaciers, des volcans, des tremblements de terre que de Saussure renvoie aux chapitres huit, dix-huit et dix-neuf de son *Agenda.* Les effets produits par les agents qui sont aujourd'hui en action sur la surface extérieure du globe, agents auxquels certaines personnes appliquent presque exclusivement le nom de *causes actuelles,* sont un terme de comparaison indispensable pour se rendre raison des effets que peuvent avoir produits antérieurement des agents analogues. Ce sont là des notions que les géologues doivent toujours avoir présentes à l'esprit dans la pratique des observations, de même que celles empruntées à la physique et à la chimie, parce qu'il y a une foule de circonstances dans l'étude des roches, dont se compose la surface de la terre, qui rappellent l'action de quelques-uns de ces agents. Causes actuelles.

On a, en effet, à tenir compte de ces actions pour pouvoir bien concevoir la nature de la plupart des roches qu'on observe sur la surface de la terre, et les observer d'une manière complète. Sans cela on ne pourrait rendre raison des choses les plus simples; par exemple, de la forme des cailloux roulés, de leur origine, de l'origine des roches com-

posées de sable consolidé; vous verrez qu'il y a une classe entière de roches formées au sein des eaux, d'éléments de cette nature, et qu'il est nécessaire de savoir se rendre compte de la forme qui leur a été imprimée et de l'action exercée sur elles par les eaux qui en ont charrié les matériaux.

Diluvium.

Au-dessous de la terre végétale il existe dans une foule de localités une couche de matériaux incohérents, que très-souvent on confond avec la terre végétale, mais qui renferme des éléments étrangers à cette dernière. C'est à cette couche, désignée assez habituellement aujourd'hui sous le nom de *Diluvium*, que se rapporte principalement le huitième chapitre de l'*Agenda*, intitulé: *Des cailloux roulés.*

Traces imprimées sur la surface extérieure de l'écorce solide du globe.

Ce sera en dépouillant par la pensée l'écorce solide du globe de ce dernier tégument, que nous arriverons aux traces que les agents extérieurs peuvent y avoir laissés; par exemple aux traces d'usures, au polissage, aux stries que la surface des roches solides présente si souvent.

C'est alors que viendra le moment d'examiner les roches solides ou molles qui composent la masse du globe au-dessous de cette enveloppe superficielle. Nous aurons à nous occuper de la nature de ces roches, de leur composition, de leur classification, et de leur nomenclature basée sur leur composition.

Des roches; leur composition, leur classification.

Une chose dont le géologue a besoin dans toutes ses opérations, une de celles qui lui sont même le plus essentielles, c'est de savoir reconnaître ces roches, sous toutes leurs formes, à la première vue, afin de ne pas être obligé de perdre du temps à se

rendre compte de leur composition, ou réduit à les emporter dans son cabinet et à ne pouvoir les nommer avec certitude que lorsqu'il est loin de l'endroit où il était à portée de faire sur elles les observations que la connaissance de leur nature pouvait suggérer. Pour cela il faut une très-grande habitude; car il s'en rencontre qui sont difficiles à reconnaître, quoique leur nature soit en elle-même rigoureusement déterminée. Cette partie si essentielle des connaissances pratiques du géologue mérite un nom particulier, et on peut lui conserver, à l'exemple de Saussure, celui de *lithologie,* employé depuis longtemps pour indiquer la connaissance des pierres les plus généralement répandues.

Division des roches en stratifiées et non stratifiées.

Après avoir étudié la nature intrinsèque des roches, nous nous occuperons des formes qu'elles présentent et de leurs différents modes de division. Vous verrez que quelques-unes de ces masses sont tout à fait informes, que d'autres sont composées de grandes plaques à faces équidistantes, posées successivement les unes sur les autres, espèces de grands feuillets, qu'on appelle couches (*strata*), ce qui fait qu'on leur donne le nom de *roches stratifiées*. On distingue ainsi les roches en deux classes : les roches *stratifiées* et les roches *non stratifiées*.

Nous aurons à nous occuper de la disposition respective de ces différentes roches dans l'écorce terrestre; de la manière dont cette disposition se manifeste à la surface extérieure, dont les formes des masses minérales qui entrent dans la charpente de la terre et celles de leurs diverses parties se peignent dans les contours extérieurs de la surface,

abstraction faite de la pellicule peu épaisse, formée par la terre végétale et par les autres matières meubles.

La structure des masses minérales se manifeste par leurs formes extérieures.

Les contours des montagnes, des plaines, de tous les accidents de l'écorce terrestre, se modèlent ainsi d'après la forme, la structure intérieure, le mode de division des différentes masses minérales. C'est un fait très-important dans la pratique des observations que ces relations des contours extérieurs avec la forme intérieure des différentes masses minérales; il est tel qu'on peut quelquefois, à certaine distance, deviner la composition d'une montagne par les formes que présente son profil. Saussure a montré dans les Alpes comment on peut reconnaître, même à plusieurs lieues, la nature des roches d'après la simple forme des crêtes qui en sont composées.

Juxtaposition des masses minérales.

Nous passerons ensuite à la manière dont ces différentes masses se juxtaposent pour former l'écorce terrestre. C'est ainsi que nous entrerons dans les sujets auxquels se rapportent les chapitres neuf, dix et onze de l'*Agenda*, consacrés aux *montagnes en général*, *à leurs couches*, aux *fentes*. Vous verrez que la partie du globe accessible à nos regards est composée de masses plus ou moins considérables, dont chacune en particulier est dans une grande étendue à peu près de la même nature. On trouve, par exemple, une grande masse de plusieurs lieues dans toutes les directions sans variation sensible; et ensuite il y a souvent une transition brusque de cette masse à une autre d'une composition différente.

L'écorce terrestre est une espèce de grande mosaïque.

L'écorce terrestre est ainsi formée de compartiments de nature diverse; c'est une *mosaïque*

très en grand et une *mosaïque à plusieurs étages*. Il y a de ces pièces posées les unes à côté des autres; il y en a aussi de posées les unes sur les autres en très-grand nombre. Les anfractuosités de la surface extérieure permettent de saisir la disposition de ces masses diverses, et l'examen de cette disposition est un des principaux objets de la géologie.

Disposition des pièces qui la composent.

Lorsque le sol d'une contrée ne présente qu'une succession de couches à peu près horizontales, l'examen dont il s'agit se réduit à l'*observation des superpositions;* mais souvent ce travail devient plus compliqué sans devenir moins susceptible de rigueur. Il exige, en général, qu'on examine non-seulement comment ces différentes pièces, qui constituent le sol d'une contrée, sont placées les unes au-dessous des autres, mais aussi comment quelques-unes d'entre elles sont placées les unes à côté des autres. Cette étude de la charpente d'une contrée est ce qu'on appelle la *stratigraphie* (le tracé des strates). Le tracé exact des joints des masses minérales, l'espèce de topographie souterraine qui en résulte, est la partie la plus essentielle de la connaissance géologique du sol d'une contrée. C'est un genre d'étude, de recherches, susceptible d'une précision presque indéfinie; il y a seulement une limite à la profondeur qu'il est possible d'atteindre. Chacun peut ajouter aux travaux de ses devanciers, en ce genre, soit dans une contrée déterminée, en précisant mieux l'ordre dans lequel ces différentes pièces sont juxtaposées ou superposées, soit dans des contrées nouvelles, en prolongeant le travail d'une contrée à une autre.

Superpositions.

L'étude de sa structure constitue la *stratigraphie*.

Modèles qu'on pourrait en construire : *patiences stratigraphiques.*

Anatomie clastique.

Tout le monde connaît ces cartes de géographie découpées dont on se sert sous le nom de *patiences*, pour fixer dans la mémoire des enfants les formes des différents pays : on pourrait exécuter de même, à l'instar des excellents modèles d'*anatomie clastique* de M. Auzoux, des *patiences stratigraphiques*, qui montreraient l'enchevêtrement des diverses pièces juxtaposées et superposées dont se compose le sol de chaque pays. Déjà même on a construit des plans en relief de certaines mines et de quelques terrains houillers, dont les pièces se démontent et qui remplissent l'objet que j'indique ici.

Quand la *stratigraphie entière* de la partie du globe qui n'est pas couverte par la mer sera terminée, les géologues auront construit la base de la géologie et de toutes les connaissances qu'on peut avoir sur l'origine de l'écorce terrestre. C'est vers ce but qu'ils tendent sans cesse.

Discordances de stratification.

Une des circonstances les plus remarquables qui se présentent dans l'étude de la stratigraphie, est la superposition de deux systèmes de couches l'un sur l'autre en *stratification discordante.* Ce phénomène, qui souvent frappe les regards les moins exercés, se manifeste le plus habituellement par un défaut de parallélisme, ou, au moins, de continuité entre les plans de deux systèmes de couches en contact. C'est un des plus féconds en conséquences que nous offre l'étude de l'écorce terrestre.

Un autre fait que l'on remarque en travaillant à la *stratigraphie*, fait que j'ai déjà signalé, et parce qu'on le remarque déjà en examinant seulement les masses minérales, chacune en elle-même et indé-

pendamment l'une de l'autre, c'est qu'il y a deux classes de masses minérales, les unes *stratifiées*, les autres *non stratifiées*.

Celles de la première classe.

Les *roches stratifiées*, disposées par couches successives, couvrent la plus grande partie de la surface du globe; celles de la seconde, les *masses non stratifiées*, configurées comme des espèces de colonnes irrégulières, s'élèvent d'une profondeur inconnue, de l'intérieur du globe jusqu'à sa surface, et composent les sommets des plus hautes montagnes.

Elles forment une sorte de tissu.

La croûte extérieure du globe est formée de la combinaison de ces deux espèces de masses. C'est en quelque sorte un *tissu* dont les premières représentent la *chaîne* et les secondes la *trame*.

En général, au point de rencontre, les roches stratifiées se trouvent dans une position très-irrégulière, dans laquelle il est facile de reconnaître des traces de bouleversement et quelquefois même d'altération. Il ressort de là, que ces roches ont été soumises à des actions violentes qui les ont brisées. Ces brisures sont elles-mêmes un des objets de la *stratigraphie*, et un de ceux qui peuvent être déterminés de la manière la plus précise.

Brisures et altérations aux points de rencontre.

Les personnes qui voudraient prendre dès à présent une idée des résultats de cette anatomie de l'écorce terrestre, en trouveront un excellent tableau dans l'ouvrage intitulé *Sections and views illustrative of the geological phænomena*, par M. de la Bèche.[1]

1. Cet ouvrage, qui renferme 40 planches, a été traduit en français par M. H. de Collegno sous le titre de *Coupes et vues pour servir à l'explication des phénomènes géologiques*; Paris, Pitois-Levrault et Comp.ie, 1839.

Mais en considérant uniquement les roches stratifiées, on voit qu'elles présentent une très-nombreuse série de couches, et que, lorsqu'on cherche à les suivre d'une contrée dans une autre, ce ne sont plus les mêmes couches que l'on rencontre.

Ordre de succession des roches stratifiées.

On trouve des terrains également bien stratifiés dans différents pays; mais ce ne sont pas les mêmes, et en allant d'un pays à un autre, on voit les relations de position qui existent entre les couches d'une contrée et celles d'une autre. Il en résulte que ces différentes couches ne sont pas des enveloppes exactement concentriques, qui entourent le globe entier comme les pellicules sucessives d'un oignon, et qu'elles présentent, au contraire, de grandes irrégularités. Par exemple, elles sont souvent obliques, et par suite de cette obliquité elles s'enfoncent les unes sous les autres, à peu près comme on voit dans un jeu de cartes posé obliquement les différentes cartes se cacher les unes sous les autres. Dans ce cas il n'est pas nécessaire qu'elles sortent beaucoup de l'intérieur du globe, ni qu'elles s'élèvent à grande hauteur pour qu'on puisse en compter un grand nombre.

Série de couches très-nombreuse et très-épaisse.

En allant d'un point à un autre, on va d'une couche à une autre; et en saisissant avec adresse les occasions de cette nature qui se sont présentées dans l'étude de la surface du globe, on a pu constater l'existence d'une série de couches très-nombreuse. Ces couches, dont l'épaisseur totale est énorme, se sont trouvées rangées pour ainsi dire d'elles-mêmes dans l'ordre de leur succession naturelle. C'est un des genres de travail qui ont le plus occupé les géologues depuis

40 ou 50 ans. Cette étude était très-peu avancée du temps de Saussure. On avait examiné les différents termes de la série d'une manière trop décousue; on n'avait pas fait ce travail d'une manière assez étendue ni assez suivie; on ne s'était pas assez occupé de rattacher les couches d'un point à l'autre lorsqu'on passait d'une contrée dans une contrée voisine.

Partage de cette série en *formations*.

L'école de Werner a plus contribué à la construction de cette série que celle de Saussure. Ensuite on l'a perfectionnée dans toutes les contrées de l'Europe, et les géologues anglais l'ont beaucoup développée. Aujourd'hui on connaît à peu près complétement la série de ces couches qu'on partage en différents groupes appelés *formations*. Chacune de ces formations se compose d'un certain nombre de couches douées d'un caractère d'ensemble, qui est d'être parallèles entre elles et d'avoir quelque chose de commun dans leur disposition générale, et souvent même dans leur composition ou dans leur aspect. Ces formations sont superposées dans un *ordre invariable*. Partout où elles se trouvent, des couches appartenant à la même formation peuvent être présumées avoir été dans l'origine, avant la destruction de quelques-unes de leurs parties, le prolongement les unes des autres; elles ont du moins été contemporaines.

Leur ordre de succession est invariable.

L'étude de ces différentes formations est un des objets principaux de la géologie, et sera un de ceux qui devront nous occuper. Cependant je ne m'étendrai pas très-longuement sur ce point, parce que la série des formations est décrite dans une foule d'ouvrages comme un des objets les plus élémen-

Moyens de les suivre d'une contrée dans une autre.

taires de la science. J'aurai à m'occuper plus spécialement des moyens qu'on peut mettre en usage pour reconnaître les diverses formations dans les différentes contrées de la terre; car aujourd'hui, que l'échelle des formations est bien établie, on cherche naturellement à tout y rapporter. De là il résulte que le but le plus constant des efforts des géologues est de bien raccorder les différentes couches entre elles dans toutes les contrées qu'ils étudient, et même, s'il est possible, sur toute la surface de la terre, de manière à pouvoir dire exactement à quel point de l'échelle des formations il faut rapporter les différentes roches stratifiées de chaque pays.

Dans les contrées dont la *stratigraphie* est faite, et qui se rattachent directement aux parties de l'Europe qui ont servi de point de départ, il n'y a plus que de légers doutes sur les points de l'échelle successive des formations auxquels il faut rapporter les diverses couches; mais quand on va dans les contrées séparées de l'Europe par de vastes mers ou par d'autres obstacles qui empêchent de suivre la succession des couches, la chose devient plus difficile, et même les moyens directs et les plus sûrs manquent en grande partie.

Moyens empiriques auxquels on a recours quand on ne peut appliquer la stratigraphie.

On peut commencer par constater la structure stratigraphique de ces contrées. Déjà pour l'Amérique septentrionale, les États-Unis, le Canada, la stratigraphie est très-avancée; on connaît l'ordre des couches de ces contrées considérées en elles-mêmes. Il s'agit seulement d'établir les rapports entre l'échelle américaine et l'échelle européenne.

Dans d'autres contrées encore les traits principaux de la succession des couches sont connus; mais il reste à établir des relations entre les séries des couches superposées de toutes ces contrées étudiées d'une manière séparée et discontinue.

Ne pouvant suivre ici la continuité, on a recours à deux sortes de moyens; moyens empiriques que l'on a employés d'abord pour différentes parties de l'Europe avant d'y avoir exécuté le tracé des couches, la *stratigraphie*, d'une manière complète.

On peut employer en premier lieu les caractères minéralogiques. Les différentes couches ne sont pas composées de la même manière; les caractères varient plus ou moins de l'une à l'autre, depuis les couches les plus anciennes jusqu'aux plus nouvelles. On peut arriver à établir par là quelques rapprochements entre les différentes parties de l'échelle des couches dans les différents pays. Ces rapprochements ne sont cependant pas bien certains. A mesure qu'on met plus souvent à l'épreuve les caractères minéralogiques, on voit que, sans être essentiellement trompeurs, ils induisent cependant très-souvent en erreur, et que l'école de Werner leur avait attribué une importance exagérée. Caractères minéralogiques.

Mais il est une autre classe de caractères, qui ont presque remplacé les premiers, surtout depuis l'impulsion si heureusement donnée à cette partie de la science par M. Alexandre Brongniart, à la suite de son grand travail sur les environs de Paris, terminé en 1810 avec M. Cuvier : ce sont ceux tirés de la considération des corps organisés fossiles qui se trouvent dans la plupart des terrains stratifiés.

Ces caractères sont en eux-mêmes d'un ordre secondaire comme les caractères minéralogiques ; mais les fossiles auxquels de Saussure a consacré le 17.e chapitre de son *Agenda*, ont donné lieu à des observations beaucoup plus nombreuses et plus précises que n'ont pu l'être celles empruntées aux caractères minéralogiques. Il en est résulté que les caractères tirés des fossiles, les caractères *paléontologiques*, portant sur un plus grand nombre d'objets, sont devenus, pour l'identification des couches des diverses localités, un guide moins incertain que les caractères minéralogiques. Toutefois on ne doit jamais oublier que ce moyen de classification est essentiellement subordonné aux observations stratigraphiques, et que *c'est des faits stratigraphiques qui lui servent de point de départ qu'il tire toute sa vertu.* L'un des travaux les plus dignes de mémoire qui aient été publiés en ce genre, a été celui de M. William Smith sur les coquilles fossiles de l'Angleterre, intitulé : *A stratigraphical system of organised fossils;* 1817.[1]

Caractères paléontologiques.

Les êtres organisés fossiles qu'on trouve dans les différentes *couches superposées* ne sont pas les mêmes ; ils varient dans les formations successives et quelquefois d'une manière complète. En se pénétrant bien de l'ordre des variations qu'on observe en Europe lorsqu'on passe des couches les plus anciennes aux couches les plus modernes, on reconnaît que les couches sédimentaires des autres parties du globe présentent des variations de la même nature

1. M. William Smith, auteur de la première carte géologique de l'Angleterre, était aussi de la génération de 1769.

dans les différents êtres organisés. Alors, si on compare par exemple l'échelle des couches américaines à l'échelle des couches européennes, on rapproche les points de l'échelle américaine de ceux de l'échelle européenne, qui leur ressemblent le plus par les fossiles qu'ils contiennent.

En opérant le rapprochement de cette manière, il n'est jamais arrivé jusqu'à présent qu'on ait trouvé dans un certain point de la terre, par exemple en Amérique, une couche *A* superposée à une couche *B*, et qu'en examinant les couches auxquelles les premières paraissaient correspondre par leurs fossiles en Europe ou ailleurs, on soit arrivé à un résultat inverse, c'est-à-dire que la couche analogue à *B* s'y soit trouvée superposée à la couche analogue à *A*. Il est à croire, en effet, que le même système d'organisation existait en même temps dans ces deux parties de la surface de la terre. Tout semble même annoncer que des formes analogues se sont succédé dans les différentes parties de la terre dans le même ordre; car on les trouve constamment superposées suivant la même loi; et que des formes sinon identiques, du moins correspondantes, doivent y avoir existé partout en même temps. En partant de cette considération fondamentale on parvient à rapprocher les unes des autres les couches contemporaines observées dans les contrées les plus éloignées. Cependant on doit avouer que par ce moyen on fait le rapprochement dont il s'agit avec moins de certitude et de précision que si, la mer étant à sec, on pouvait suivre la continuité des couches d'une contrée dans une autre.

On est fondé à présumer que les différents groupes d'êtres organisés se sont succédé dans le même ordre par toute la terre.

Mais d'un autre côté, même dans les contrées où l'on pourrait à la rigueur suivre les couches sans interruption, ces caractères paléontologiques peuvent servir à suppléer aux caractères stratigraphiques lorsqu'on veut opérer vite et lorsqu'il y a quelque obstacle à l'application des derniers; et moins l'étendue qu'on a à parcourir est considérable, moins l'espace qui sépare le point de départ où les caractères paléontologiques ont été établis, de celui où on veut les appliquer est considérable, et plus il y a de chances de ne pas se tromper.

Ces caractères paléontologiques tirés de l'examen des êtres organisés tant végétaux qu'animaux, dont on trouve des traces dans les couches des terrains stratifiés, sont donc précieux dans la géologie pratique, et sont un des objets qui devront nous occuper sérieusement.

La paléontologie a un but plus élevé que celui de fournir des caractères empiriques pour reconnaître les formations.

A ce sujet il faut remarquer que l'étude des êtres organisés ne sert pas seulement à fournir des caractères pour connaître les couches; la géologie n'a même besoin de recourir à ce moyen empirique qu'en raison de l'état imparfait et transitoire où elle se trouve encore : ce n'est pas là le but final et le plus important de la *paléontologie :* ce genre d'observations conduit à un résultat d'un ordre bien plus élevé; à nous faire connaître les organisations variées qui ont existé sur la surface de la terre; les formes successives des êtres organisés dont la terre a été peuplée; le renouvellement, soit brusque, soit lent, que ces êtres y ont éprouvé : phénomènes éminemment curieux que la géologie nous a révélés. Par là nous arriverons en outre à la connaissance

des circonstances physiques au milieu desquelles ces êtres ont vécu; à conclure, d'après les formes de ces êtres, soit animaux, soit végétaux, quels ont été les différents climats qui ont existé à diverses époques sur chaque point de la surface de la terre; quels ont été les milieux atmosphériques, les circonstances météorologiques auxquelles chaque série d'êtres organisés a été appropriée. Mais ce but exige la connaissance la plus approfondie des lois de l'organisation. En considérant la paléontologie sous ce point de vue plus relevé, il devient nécessaire de lui appliquer les notions les plus philosophiques tirées de l'étude du règne organique. Il a fallu toute la science anatomique de M. Cuvier, toute la science botanique de M. Adolphe Brongniart, pour rétablir, comme ils l'ont fait, sur d'informes débris, les grands animaux et les végétaux singuliers dont la surface de la terre a été peuplée.

Succession des diverses formes organiques.

Succession des différents climats.

Il n'est pas indispensable, pour se servir de la paléontologie dans la géologie pratique, de s'élever jusqu'à ces hautes considérations. Si, pour employer des fossiles comme caractère empirique propre à reconnaître les couches, il fallait posséder toutes les connaissances nécessaires pour rétablir un animal ou un végétal d'après ses débris, il n'y aurait que très-peu de personnes capables d'en faire usage; car les hommes qui possèdent ces connaissances à fond sont très-peu nombreux. Mais on peut arriver à faire ces *applications* avec des connaissances beaucoup moins étendues; et je me propose seulement de vous entretenir dans la durée de ce cours des connaissances limitées en ce genre qui sont nécessaires dans la *géologie pratique.*

Dans la géologie pratique on n'a pas absolument besoin de connaissances zoologiques et botaniques très-élevées.

Il n'est pas nécessaire, pour cela, de connaître tous les êtres organisés dont on trouve des traces sur la surface du globe. Premièrement, les ossements des grands animaux ne fournissent pas des caractères d'une application usuelle; il faut presque toujours un examen très-long pour arriver à les classer; de manière que, lorsqu'on les trouve, on ne peut pas en tirer sur le terrain de conclusions bien immédiates. Cela ne se peut guère que lorsqu'on est assez heureux pour trouver une dent, une vertèbre, ou quelque autre ossement qui, à lui seul, est caractéristique.

Les débris de sauriens ou de poissons sont d'un usage moins borné; cependant on ne trouve bien souvent aussi que des pièces incomplètes qui ne peuvent fournir de conclusion directe. Il en est de même pour les insectes et pour une partie des crustacés : il est rare qu'on trouve une pièce suffisamment complète pour qu'on puisse en tirer des conclusions bien positives.

Les fossiles dont on peut se servir le plus commodément pour reconnaître les formations, sont les coquilles et les débris de madrépores. C'est ce qui fait que dans la *géologie pratique* on a besoin de connaître, au moins, la partie de la conchyliologie *dont on peut faire usage dans ce but sur le terrain.* Dix mille coquilles fossiles environ ont des noms dans les méthodes, des places dans les collections; mais on n'a pas trouvé l'occasion de tirer le même parti de toutes les espèces. Il s'agit surtout pour les géologues de la connaissance d'un certain nombre d'*espèces* qui servent de *caractères empiriques* pour

reconnaître certaines couches. En général, dans chaque couche de sédiment il y a un certain nombre de coquilles, plus abondantes que les autres, qui se soutiennent dans une étendue plus considérable. On leur a donné le nom de *coquilles caractéristiques*; celles-là servent de guides ou de points de repère. Elles deviennent une sorte de *guide-âne*, si je puis parler ainsi, pour distinguer ces couches. Les Allemands les appellent *Leitmuscheln*. Il y en a de très-faciles à reconnaître, avec lesquelles on se trompe fort peu, du moins dans la plupart des cas.

Coquilles caractéristiques. *Leitmuscheln*.

Il y a de même un certain nombre de polypiers qu'on peut appeler caractéristiques; mais ils sont moins différents d'une couche à une autre que les coquilles.

Polypiers.

Quelques végétaux peuvent aussi rendre un service analogue.

Végétaux.

Je chercherai à vous bien faire connaître ces diverses espèces en en restreignant le nombre aux plus utiles pour les observations; mais quoique dans la pratique de la géologie on se serve presque uniquement de ces espèces que l'expérience a fait regarder comme caractéristiques, on doit, quand on va sur le terrain, recueillir le plus possible, non-seulement de coquilles, mais encore des autres corps organisés fossiles, qui, indépendamment de leur utilité pour la classification des couches, deviennent la base de considérations d'un ordre plus élevé, dans lesquelles, s'il est nécessaire, on fait intervenir les zoologistes et les botanistes de profession.

Après avoir parcouru le cadre que je viens d'in-

diquer, j'aurai passé en revue la plupart des objets dont le géologue voyageur doit s'occuper. Mais la géologie est une science qui procède par des rapprochements entre les faits observés dans différentes contrées; et il est très-utile, même pour observer une contrée déterminée, d'avoir une idée de la structure d'un grand nombre d'autres pays, et même de l'écorce terrestre en général; c'est le moyen de pouvoir observer un point donné avec plus de lumières.

Coup-d'œil sur la structure de diverses parties de la surface du globe.

Dans le tableau général que je présenterai d'abord, vous trouverez des observations faites surtout en Europe; mais suivant le temps qui pourra me rester, j'essaierai de vous présenter l'esquisse géologique de quelques parties de la surface du globe. C'est une branche de connaissances qui a fait des progrès considérables depuis une trentaine d'années. A l'époque de la paix générale on ne connaissait, et encore d'une manière très-incohérente, qu'une partie de l'Europe occidentale; aujourd'hui on connaît, même stratigraphiquement, des régions très-étendues de la terre : d'abord la plus grande partie de l'Europe; des travaux très-intéressants, très-approfondis, ont été poussés dans ces dernières années jusqu'au delà de l'Oural; la Russie tout entière, dont la structure est assez simple, est entrée dans le cercle des contrées qui fournissent des bases à la science. Ce vaste pays est aujourd'hui aussi connu, et même plus connu, que certaines parties de la France ne l'étaient avant 1810. On a aussi exploré tout récemment l'Algérie; et je pourrais vous exposer les résultats géologiques de ce grand

travail qui sont déjà rédigés. Les Anglais nous ont donné une foule de travaux géologiques sur l'Inde, et on peut dire qu'on a une idée assez complète de la constitution minérale de toutes les possessions britanniques dans ces régions, sur lesquelles les observations de M. Victor Jacquemont, publiées récemment, ont aussi contribué à jeter une lumière nouvelle. On a également beaucoup de données sur la géologie d'une partie de la Sibérie. On en a déjà de très-complètes sur celle d'une partie des États-Unis et du Canada, de tout l'espace compris entre l'Océan atlantique et le Mississipi. Pour le Mexique, on en est presque resté à ce que M. Al. de Humboldt avait fait connaître il y a quarante ans; on y a cependant ajouté plusieurs bonnes séries d'observations sur les trachytes, les porphyres et les terrains de sédiment; toutefois on connaît moins la structure générale de cette contrée que celle des États-Unis. Les observations de MM. de Humboldt, Boussingault, Pentland, d'Orbigny, d'Eschwege, Clausen, Darwin, Pissis, ont déjà donné des notions très-étendues sur l'Amérique méridionale. On a aussi des notions sur l'Égypte, la Nubie, l'Abyssinie, le cap de Bonne-Espérance, la Nouvelle-Hollande, la terre de Van-Diemen, la Nouvelle-Zélande, et un grand nombre d'îles de l'Océan pacifique. En réunissant ces données éparses, M. Boué a publié dernièrement un premier essai de planisphère géologique.

En s'en tenant à ce qui est hors de doute, on peut dire qu'on connaît déjà maintenant les points les plus remarquables du globe; que des contrées très- Géologie comparée

étendues, très-éloignées les unes des autres, ont été assez explorées pour qu'on puisse en donner des descriptions d'une exactitude au moins approximative, établir des rapprochements entre elles, esquisser enfin ce qu'on pourrait appeler la *géologie comparée*.

Ce sera par quelques aperçus en ce genre que je terminerai le cours, et je m'étendrai sur cette dernière partie autant que le temps pourra me le permettre.

TROISIÈME LEÇON.

(16 décembre 1843.)

Instruments nécessaires aux géologues voyageurs.

MESSIEURS,

Pour bien faire concevoir comment se font les observations qui servent de base aux sciences naturelles, il est avant tout nécessaire de considérer les différentes classes de savants dans leurs observatoires, dans leurs laboratoires, dans l'endroit où ils exécutent leurs travaux, où ils *interrogent la nature*, chacun par des procédés qui sont particuliers à la branche qu'il cultive; la manière dont les savants voués à différentes branches sont obligés de coordonner leur existence à leur mode de travail, est même ce qui contribue le plus à les spécialiser, et à faire que les différentes branches des sciences d'observation se distinguent les unes des autres. Le caractère d'une science se reconnaît à sa manière d'*interroger la nature*.

L'*astronome*, comme le disait Lagrange, est *l'homme qui regarde dans les lunettes*, qui consacre sa vie au genre d'observations qui se font au moyen des instruments astronomiques et à tout ce qui peut s'en déduire. L'astronome.

Le chimiste.

Le *chimiste* est celui qui travaille dans un laboratoire à dissoudre, précipiter, filtrer, calciner, peser.

Le minéralogiste.

Le *minéralogiste* est celui qui essaye les minéraux, qui constate leurs caractères, qui mesure les angles de leurs cristaux et calcule leurs formes géométriques.

Le paléontologiste

Le *paléontologiste* est celui qui restaure les êtres organisés fossiles d'après quelques-uns de leurs débris.

Le géologue.

Le *géologue* est celui qui interroge la terre, les roches, partout où elles sont à découvert; qui analyse les formes du sol, des plaines, des vallées, des montagnes, et qui s'occupe de tout ce qui peut se déduire de ce genre d'observations. Les événements naturels dont la surface du globe a été le théâtre s'y sont enregistrés d'eux-mêmes par les traces qu'ils y ont laissées. Le géologue transcrit ce registre, le traduit en langage ordinaire, et, quand il croit le comprendre, il essaye de le commenter.

Son atelier est en plein champ. Nécessité d'y être tranquille.

C'est en rase campagne que ce livre est ouvert, et par conséquent ce qui caractérise avant tout le géologue, c'est que son atelier est *en plein champ;* il doit y être aussi tranquille, aussi à son aise, aussi maître de se livrer à ses réflexions, que l'est l'astronome dans son observatoire ou le chimiste dans son laboratoire. C'est pour lui une condition *sine qua non;* autrement il ne fait pas de la science, il n'est plus qu'un promeneur ou un collecteur d'échantillons.

Ainsi, quand le géologue fait ses observations en plein air, la première chose à laquelle il doit s'appliquer, c'est d'être parfaitement libre, d'être

là *chez lui.* Cela exige une petite industrie préliminaire, indispensable pour toute observation sérieuse.

Précautions à prendre pour éviter les importuns.

Après les intempéries de l'air et les insectes incommodes, le premier ennemi du géologue, c'est le curieux, l'importun qui viendrait, au milieu de ses observations, lui faire des questions, quand même elles rouleraient sur des points de science. Dès lors un des premiers soins auquel doit s'appliquer le géologue, c'est de ne pas attirer l'attention, de ne pas agglomérer les curieux autour de lui. Plus le géologue se donnera les apparences d'un savant, plus il excitera cette attention incommode, et plus il diminuera les moyens qu'il aurait de servir la science en saisissant la nature sur le fait, et en faisant de chaque fait observé l'objet de ces réflexions immédiates qui conduisent d'un fait à un autre. Il faut donc qu'il passe inaperçu; que rien dans son extérieur, dans sa manière d'agir, ne le signale aux regards des importuns. Dans les contrées sauvages, peu habitées, le nombre des curieux n'est pas grand, et cette condition n'est pas difficile à remplir : là tous les voyageurs européens ont un bagage qui paraît également étrange aux habitants du pays, et rien à leurs yeux ne distingue le savant; mais dans les contrées civilisées, où l'appareil ordinaire de voyage est connu de tout le monde, le voyageur scientifique serait désigné à une foule d'investigations importunes, et particulièrement à la curiosité des autres voyageurs, si les progrès de l'art d'observer n'avaient permis surtout au géologue de simplifier beaucoup son bagage spécial.

Avec un peu d'adresse le géologue passe inaperçu.

Le bagage du géologue s'est simplifié comme celui du soldat.

Il en est arrivé de la géologie comme de toutes les parties où l'on a des instruments à appliquer; comme de la guerre elle-même, qui se fait en parcourant le terrain avec des instruments de destruction, dont quelques-uns sont d'origine scientifique. Le bagage du soldat est aujourd'hui bien moins lourd que n'était celui du soldat romain; les progrès de l'art de la guerre ont fait mettre de côté beaucoup de choses inutiles; on a renoncé, en général, à la cuirasse et à toutes les armes difficiles à transporter. On a rendu par cela même à la valeur, à la présence d'esprit du combattant, plus d'importance qu'elles ne pouvaient en avoir quand il était chargé de ces pesants fardeaux. On n'emploie plus ces énormes canons dont les Turcs faisaient usage, qui lançaient des boulets de 250 livres.

Comme l'attirail de l'astronome.

Les observateurs scientifiques ont de même trouvé moyen de se passer de la plupart des gros instruments. Vous connaissez les anciens observatoires, avec leurs constructions immenses adaptées aux énormes lunettes qui furent quelque temps en usage. La plupart des observations se font aujourd'hui dans de très-petits bâtiments construits à côté, et avec des instruments peu volumineux. Le théodolite de M. Gambey, qui renferme à lui seul tout un observatoire, est un instrument qui peut se placer dans une très-petite caisse.

Le bagage du géologue a subi des réductions correspondantes. Les observations géologiques se font presque toutes avec des instruments très-simples, qui peuvent se porter inaperçus et dont le transport ne cause presque aucun embarras même dans un

voyage à pied. Aujourd'hui le géologue ne se reconnaît guère extérieurement qu'à l'exiguïté de son bagage, qui est une des conditions de la facilité de ses mouvements; et il ne faut, dans ceux qui le rencontrent, qu'une politesse des plus élémentaires pour ne pas avoir l'air de s'apercevoir qu'il voyage dans un autre but que celui de se distraire.

Le géologue a besoin de parcourir des distances souvent considérables; ainsi sa première machine, et celle-là généralement n'a pas à craindre d'attirer une attention incommode, est la machine de transport. Il a quelquefois à sa disposition, dans les voyages maritimes lointains, les bâtiments de l'État; le plus ordinairement il se sert des moyens de transport à la disposition du public. Les bateaux à vapeur, les chemins de fer, les voitures publiques ou particulières, tout cela est bon pour se transporter d'un point à un autre. Il a cependant besoin de moyens de transport.

Mais beaucoup d'observations ne peuvent se faire sans que l'observateur soit immédiatement sur le terrain; de manière qu'il entre toujours dans les voyages géologiques des espaces à parcourir à pied; et même, si l'on peut parcourir à pied de longues distances, le voyage y gagne en utilité, parce qu'on est plus libre de ses mouvements, qu'on est plus à même d'observer la nature que lorsqu'on est emprisonné dans un bateau à vapeur ou encadré dans une voiture. Voyages à pied souvent nécessaires.

On voyage aussi à cheval: mais ce n'est pas là pour le géologue la meilleure manière de voyager: on est esclave de son cheval; on perd du temps à monter et à descendre; et, ce qui est plus fâcheux encore,

c'est que quelquefois on croit pouvoir se dispenser de mettre pied à terre, et se contenter de voir à distance des objets qu'on toucherait si on était à pied. Cependant, dans les pays sauvages ou à demi sauvages, où il n'y a ni routes, ni gîtes, et quelquefois peu de sécurité, le géologue est souvent dans la nécessité d'employer ce moyen. Au reste, on ne peut pas prescrire de règles générales à cet égard; le choix de la manière de voyager dépend nécessairement beaucoup des circonstances, ainsi que de la constitution et des goûts des personnes.

Avant tout, le géologue doit être parfaitement renseigné sur tous les moyens de transport, pour pouvoir s'en servir à volonté.

Les cartes géographiques et topographiques lui sont indispensables.

Après le moyen mécanique de transport, le premier instrument dont un géologue ait besoin pour se diriger, ce sont des cartes géographiques. Il faut avoir de bonnes cartes routières pour l'ensemble du pays qu'on veut parcourir; ensuite des cartes topographiques, au moyen desquelles on puisse se conduire partout, et autant que possible se dispenser de guide; car un guide est souvent un embarras très-incommode. Vous pouvez être sûr que celui qui ne prend pas tous les moyens pour bien coordonner entre elles les observations qu'il fait en différents points, est plutôt un collecteur qu'un géologue; il néglige la stratigraphie, qui est la pierre angulaire de la géologie. Ainsi, dans les contrées dont il existe des cartes, c'est le premier instrument que doit se procurer le géologue. Il doit souvent avoir dans sa poche quatre ou cinq cartes collées sur toile; car si l'on se

trouve sur l'angle d'une carte, il faut pouvoir rapprocher les trois feuilles qui correspondent à ce point-là.

En Europe nous avons des cartes topographiques assez complètes de presque toutes les parties du territoire; cependant il y a quelquefois des lacunes dans ces cartes, et l'on est fréquemment obligé, pour avoir une image exacte d'une localité intéressante, d'en exécuter un tracé plus correct. Quand il n'y a pas de cartes, il faut en dresser de plus ou moins parfaites, pour rattacher entre elles ses observations. Le géologue n'a pas toujours assez de temps à consacrer à ses explorations pour réunir tous les éléments d'une carte topographique complète, mais il peut en réunir un plus ou moins grand nombre. Aussi voyez-vous que de nos jours les géologues qui ont fait des voyages dans des contrées où il n'existait pas de cartes, MM. de Humboldt, Pentland, d'Orbigny, ont eu soin d'en dresser; et quoique ces cartes ne présentent pas tous les détails qu'on trouve sur des cartes topopraphiques de l'Europe, elles n'en sont pas moins en elles-mêmes intéressantes et utiles. Je vous ferai toutefois remarquer que la construction de pareilles cartes exige un appareil d'instruments plus considérable que celui que je vous indique aujourd'hui comme indispensable au géologue dans le cours ordinaire de ses recherches.

Il doit quelquefois en dresser lui-même.

Les opérations que le géologue exécute sur le terrain peuvent être divisées en trois classes, suivant qu'elles se rapportent à la *lithologie*, à la *stratigraphie* ou à la configuration extérieure, soit des masses minérales, soit du sol en général, objets

qu'on peut considérer comme faisant partie de la *topographie.* D'après cela les instruments habituels du géologue peuvent eux-mêmes se diviser en trois classes, que nous désignerons par les dénominations d'*instruments lithologiques*, d'*instruments stratigraphiques* et d'*instruments topographiques.* Les détails mêmes dans lesquels nous allons entrer sur chaque instrument en particulier, éclairciront le sens de ces dénominations.

1.° *Des instruments lithologiques.*

Les observations que peut faire le géologue se rattachent presque toujours plus ou moins directement à la nature de la roche ou à ses formes. Très-souvent, pour en conserver un souvenir précis et complet, il faut recueillir des échantillons, ce qui Marteaux. exige ordinairement l'emploi du *marteau.* Saussure recommande même d'avoir deux marteaux, l'un de dix onces et l'autre de quarante onces (306 grammes et 1224 grammes); ce poids n'est pas bien rigoureusement nécessaire. Deux marteaux, l'un de 100 et l'autre de 1000 grammes sont à la rigueur suffisants. Il en faut d'abord un gros, pour entamer la roche et en détacher des morceaux un peu volumineux sans avoir à se donner trop de peine, sans être obligé d'imprimer une très-grande vitesse au marteau, parce qu'alors il y aurait beaucoup de chances de casser le manche, et, dans ce cas, plusieurs heures, ou même plusieurs jours, se passeraient quelquefois avant qu'on pût s'en procurer un nouveau. Le petit marteau sert à tailler les échantillons, que l'on

prend plus ou moins grands. On cherche à leur donner une grandeur, un *format* uniforme; ce format varie suivant la nature de la collection dans laquelle les échantillons doivent être placés; mais on peut dire qu'en général il suffit de leur donner huit à dix centimètres de longueur sur six à huit de largeur. On s'attache à les faire un peu plats, afin qu'ils puissent se placer plus facilement dans des tiroirs; cela n'est pas toujours très-facile à exécuter. Quand on a un gros marteau, on réussit presque toujours assez bien à casser des éclats plus ou moins grands; mais il faut quelquefois de l'adresse pour les bien équarrir avec le petit marteau. Manière de tailler les échantillons.

On doit éviter autant que possible de perdre du temps à tailler des échantillons; cependant on ne doit pas trop regretter celui qu'on y passe; car ce temps est en même temps employé à considérer sous ses différents aspects la roche dont ces échantillons sont formés. Quand on a taillé des échantillons d'une roche, on la connaît parfaitement; il ne reste plus que quelques points très-spéciaux à éclaircir. L'attention s'est portée d'elle-même sur les différents minéraux qu'elle peut renfermer; il est mieux, à cause de cela, de tailler les échantillons sur place: on épuise ainsi toutes les occasions de voir se dévoiler les caractères de la roche : on prend finalement un éclat dans lequel les caractères se voient bien, sur lequel les choses qui peuvent demander des éclaircissements soient bien manifestes. On emporte ainsi des échantillons véritablement significatifs. Leur format.

De Saussure conseille aussi d'avoir deux ciseaux Ciseaux.

analogues à ceux des tailleurs de pierre : des ciseaux d'une trempe très-dure, tels que ceux qu'on appelle ciseaux à froid ; l'un de deux lignes de largeur, l'autre de six ou huit lignes. De pareils ciseaux sont très-commodes pour détacher les cristaux ou les coquilles fossiles ; sans ce secours, on a très-souvent le regret de casser des morceaux précieux.

Briquet, lime, pointe d'acier.

Pour examiner les échantillons sur place, de Saussure recommande d'avoir un briquet et une forte lime d'acier triangulaire. Le briquet sert pour voir si la roche fait feu, et la lime pour essayer sa dureté. Il est nécessaire aussi d'avoir pour le même objet une pointe d'acier. On peut porter tous ces instruments réunis dans un couteau à plusieurs lames.

Loupes.

Il faut avoir des loupes pour grossir le grain des roches, les fossiles, etc. La loupe est, avec le marteau, l'instrument le plus essentiel du géologue et du minéralogiste. On peut avoir différentes espèces de loupes. De Saussure en indiquait de très-grandes ; mais on sait faire aujourd'hui de petites loupes, dont deux réunies dans une même monture sont très-suffisantes pour tout examiner.

Flacon d'acide nitrique.

Il est bon d'avoir aussi quelques réactifs chimiques. Le plus essentiel est un flacon d'acide nitrique pour reconnaître les roches calcaires. Il est vrai de dire cependant qu'on peut bien souvent se dispenser de ce flacon, qui, lorsqu'il se débouche, est fort incommode. Avec de l'habitude on réussit presque toujours à reconnaître, par la cassure ou la rayure, si une roche est calcaire ou non.

Chalumeau.

Un autre instrument, souvent utile aux géologues voyageurs, c'est le chalumeau. C'est un instrument

qu'il n'est pas nécessaire d'avoir toujours dans sa poche, mais qu'on a besoin de trouver seulement de temps en temps, quand on fait le catalogue des échantillons.

Aussitôt qu'on a recueilli des échantillons commence l'embarras du transport. Comme la partie la plus précieuse d'un échantillon est *sa surface*, sur laquelle seule on peut voir les caractères de la roche et reconnaître si elle renferme des cristaux ou des coquilles fossiles, il faut surtout éviter que la surface soit usée ni salie; on doit donc s'arranger de manière que les échantillons ne se frottent pas en route. C'est un point qui donne beaucoup de peine vis-à-vis des personnes qu'on prend pour aides comme porteurs. La surface surtout étant précieuse, il faut, pour la préserver, l'envelopper de papier, et ensuite bien emballer les morceaux pour qu'ils n'éprouvent pas de ballotage. Saussure n'a pas craint de recommander de ne pas oublier le papier nécessaire pour envelopper les échantillons. Lorsqu'on prévoit qu'on pourra trouver des coquilles fossiles très-fragiles, on doit se munir de petites boîtes en carton ou en fer-blanc et de coton. Les personnes qui recueillent des fossiles pour les vendre, prennent toujours cette précaution; les géologues doivent les imiter.

Papier d'emballage.

Avant d'envelopper les échantillons il faut les étiqueter : il est assez difficile de le faire complétement sur place. On doit cependant les marquer dès qu'on les a recueillis, afin de ne pas les confondre. Chacun a son procédé pour cela : il suffit de leur donner des numéros successifs : on peut prendre en

Étiquetage des échantillons

note ces numéros sur un carnet. Un moyen bien simple, et qui a le grand avantage de rattacher presque machinalement les objets au souvenir des différents incidents de la course que l'on a faite, c'est d'écrire simplement sur l'étiquette l'heure et la minute à laquelle chaque échantillon a été recueilli; on est sûr qu'il n'y aura pas deux étiquettes semblables, et qu'on pourra plus tard ranger les échantillons dans l'ordre où ils ont été pris. On peut toujours regarder à sa montre quelle heure il est, tandis que, lorsqu'on recueille de suite un grand nombre d'échantillons, on peut très-bien ne pas se rappeler à quel numéro on est arrivé, et répéter les mêmes numéros plusieurs fois. Si on en recueille pendant plusieurs jours consécutifs, on pourra distinguer par un petit signe, par une feuille d'arbre ou quelque autre objet, les échantillons de tel jour; on évite ainsi toute chance de confusion.

tes à prendre. On ne doit jamais négliger de prendre des notes aussitôt après les observations. On peut se servir très-commodément pour cela d'un petit portefeuille, dans lequel on met de petits cahiers de papier, que l'on change quand ils sont remplis. On écrit dessus avec un crayon de mine de plomb ordinaire, et quoique l'on en dise, cela ne s'efface pas; jamais une seule page de mes notes ne s'est effacée au point de devenir illisible; bien entendu qu'après que les notes sont écrites, il faut avoir soin de les emballer de manière qu'elles ne se frottent pas.

Mais en outre, de Saussure recommande de mettre plus tard les notes à l'encre, et de les développer davantage quand on en a le temps. On a aussi une

occasion d'ajouter aux notes prises sur place lorsqu'on fait le catalogue des échantillons. Pour cela, au bout de quelque temps, on fait en sorte que ces échantillons arrivent à un endroit déterminé, dans une ville par exemple, où on les réunit tous. Une bonne manière de faire ces catalogues, c'est de placer les objets dans l'ordre où l'on les a recueillis. Cet ordre reste empreint dans la mémoire, et les différentes comparaisons qu'on a été amené à faire successivement, se rattachent à l'ordre dans lequel on a recueilli les échantillons.

Catalogue à dresser.

Comme la confection d'étiquettes détaillées prend beaucoup de temps, on se contente souvent, au moins jusqu'à la fin du voyage, de mettre un numéro sur chaque échantillon. Ces numéros sont répétés dans un catalogue, où l'on fait une description de chaque morceau, en mentionnant tous les faits dont il rappelle le souvenir.

Quand on emballe définitivement les échantillons pour les expédier au lieu où ils doivent être conservés, il faut mettre à chacun d'eux une étiquette. Si la caisse doit traverser une ligne de douane, il est bon que les étiquettes soient collées après les morceaux pour éviter qu'elles n'en soient séparées. Ordinairement on se contente d'une étiquette en papier : cela suffit pour les transports ordinaires; mais si les échantillons sont exposés à être mouillés et à rester longtemps mouillés, les étiquettes en papier peuvent se moisir et l'encre peut s'effacer. On recommande en pareil cas l'encre de Chine; on en porte avec soi un petit bâton, dont on broye une partie au fur et à mesure des

Étiquettes pour les transp[orts] lointains.

besoins. L'encre de Chine ne s'altère pas comme l'encre ordinaire. S'il s'agit de voyages de mer, le danger de la pourriture des étiquettes est très-grand. On peut avoir de la peinture à l'huile; on fait des chiffres avec la peinture rouge sur la surface des échantillons. Ces chiffres se marquent parfaitement et n'occupent guère plus de place que des étiquettes en papier. On peut aussi avoir une plaque d'étain ou de plomb, dont on coupe des petits carrés, sur lesquels on grave des numéros avec une pointe; on emballe ces plaques avec les échantillons; on est sûr ainsi de s'y retrouver à la fin du voyage. Toutes ces précautions sont fort essentielles; beaucoup de voyageurs se sont repentis de ne pas les avoir prises: beaucoup de collections, arrivées en bon état, avaient leurs étiquettes pourries; on ne pouvait plus faire que des conjectures sur l'origine de chaque morceau.

On met plus tard aux échantillons des étiquettes détaillées sur lesquelles leur nature et leur position se trouvent relatées.

Les échantillons que je place sous vos yeux comme modèles pour la forme et la grandeur soit des morceaux, soit des étiquettes, ont été recueillis par M. Brochant. M. Brochant, héritier des doctrines de Saussure, de Dolomieu et de Werner, dont il avait été l'élève, attachait une juste importance à ces détails d'exécution, qui pourraient sembler minutieux à des *esprits superficiels*, mais qui sont indispensables pour donner de la précision aux observations. Les étiquettes, quoique très-explicites, n'occupent que très-peu d'espace; c'est ce que vous

verrez aussi dans la collection de M. Brongniart, qu'il ouvre si libéralement à tout le monde, et surtout aux jeunes gens qui veulent étudier.

La plupart des observations dont nous venons de nous occuper, se rapportent à la fois à la composition des masses minérales, à leurs formes et à leurs rapports de position; mais les instruments que nous avons décrits ne servent qu'à constater la composition. Le géologue a besoin d'en avoir d'autres, spécialement appropriés à la détermination des formes et des positions des masses minérales. Ce sont ceux que nous désignons sous la dénomination d'*instruments stratigraphiques*.

2.° *Instruments stratigraphiques*.

Pour constater avec précision les formes des masses minérales, il est souvent nécessaire de déterminer géométriquement la position des plans qui les terminent ou des fissures qu'elles présentent.

La situation d'un plan n'est fixée que lorsqu'on connaît à la fois sa direction et son inclinaison. La première se détermine avec la boussole. Saussure recommande d'avoir une boussole sur laquelle il y ait une alidade pour pouvoir prendre la direction. Cela est en effet nécessaire pour fixer une direction avec une très-grande précision; mais dans les observations géologiques, une petite boussole circulaire de 5 à 6 centimètres de diamètre suffit presque toujours. Une pareille boussole est un instrument très-facile à porter et à observer. Elle peut être divisée de deux en deux degrés, et avec un peu Boussole.

d'habitude on peut prendre à l'œil le milieu de chaque division, ce qui donne les degrés. Cela est suffisant pour les observations géologiques, parce que les plans dont on a à fixer la direction ne sont pas des plans parfaitement réguliers; ils présentent des ondulations, en sorte que la direction varie. Les surfaces des masses minérales n'étant pas en général rigoureusement planes, il importe souvent plus au géologue de multiplier les observations de ce genre que de les exécuter avec une très-grande précision; et un instrument qui permet de faire beaucoup d'opérations en un jour, est préférable pour lui à un autre qui lui donnerait des résultats plus précis, mais en moins grand nombre.

D'ailleurs la boussole ne donne les directions que par rapport au méridien magnétique; et comme la *déclinaison* de l'aiguille aimantée, c'est-à-dire l'angle formé par le méridien magnétique avec le méridien vrai, n'est pas la même partout, et varie même avec le temps dans un lieu donné, les observations de direction faites à la boussole présentent par cela seul un élément d'incertitude.

Remarques relatives à la déclinaison de l'aiguille aimantée

Quand on ne se sert de la boussole que pour comparer les positions de différents points entre eux, ou pour faire le plan d'une certaine localité peu étendue, telle qu'une vallée, une montagne, une mine, de même que lorsqu'on fait un plan pour le cadastre, on n'a pas besoin de s'occuper de la déclinaison de l'aiguille aimantée, parce que cette déclinaison ne varie pas sensiblement dans l'étendue dans laquelle on opère, à moins de circonstances locales, qui n'ont pas lieu ordinairement.

Mais lorsqu'il est question de prendre en des points, dont quelques-uns peuvent être très-éloignés des autres, une série de mesures qu'il s'agit ensuite de coordonner entre elles, il devient nécessaire d'avoir égard à la déclinaison de l'aiguille aimantée, qui n'est pas la même partout. Le géologue qui a fait un voyage de quelque étendue doit toujours finir par corriger ses observations de l'effet de la déclinaison pour les rapporter au méridien vrai. Ce qu'il y a de mieux pour que les observations soient comparables entre elles, c'est de rapporter toujours les directions observées au *méridien vrai*, et de bien préciser sur les notes, et surtout dans les publications, qu'on les rapporte à ce méridien. Les marins, qui font un si grand usage de la boussole, ne manquent jamais d'exprimer si les directions qu'ils indiquent se rapportent au *nord magnétique* ou au *nord du monde*, à l'*est magnétique* ou à l'*est du monde;* mais dans beaucoup d'ouvrages géologiques ce point important est négligé. On ne sait réellement alors quel usage faire des directions indiquées; car l'incertitude qui résulte de cette omission est souvent très-grande; les deux méridiens font actuellement entre eux, dans une grande partie de l'Europe, un angle d'environ 20 degrés.

La déclinaison varie d'un lieu à un autre; et dans un voyage de quelque étendue, les géologues doivent toujours avoir en note la valeur de la déclinaison dans les contrées qu'ils parcourent. Elle est à Paris de 22 degrés environ, vers l'ouest; à Brest de 25 degrés 5 minutes; à Toulon de 18 degrés 19 minutes. Pour vous donner une idée de la marche

générale de ces variations, je ne puis mieux faire que de mettre sous vos yeux une carte que M. le capitaine Duperrey, de l'Académie des sciences, a publiée, il y a quelques années, et sur laquelle il a rapporté toutes les déclinaisons de l'aiguille aimantée, observées soit en mer, soit à terre, dans les différentes parties du monde. Au moyen de ces données il a pu tracer les méridiens magnétiques et déterminer approximativement les deux poles magnétiques. Vous verrez d'un coup d'œil sur cette carte qu'à la pointe de la Bretagne la déclinaison est en effet plus grande qu'à Paris; à Paris plus grande qu'à Toulon; à Toulon plus grande qu'à Vienne; à Vienne plus grande qu'en Russie. Dans la partie orientale de la Russie, par exemple entre Moscou et Casan, la déclinaison est sensiblement nulle. Ainsi de Casan à Brest il y a une différence de 25 degrés. Dans l'Oural la déclinaison, au lieu d'être vers l'ouest, est vers l'est. A Tobolsk, elle est vers l'est de 9 degrés.

La déclinaison varie aussi d'année en année dans un lieu donné.

On pourrait, à la rigueur, quand on fait des observations de direction, se borner à les faire par rapport au méridien magnétique, et les livrer ainsi au public. Les personnes qui voudraient s'en servir, chercheraient quelle était la déclinaison en telle année et en tel lieu. C'est une recherche que chacun peut faire en général, puisqu'on sait quelle est, dans les diverses parties de la surface du globe, la déclinaison de l'aiguille aimantée, et de combien cette déclinaison a varié dans un laps de temps

donné. Mais vous concevez que ce serait laisser au lecteur un travail très-minutieux, tandis que, lorsqu'on voyage, on peut aisément savoir quelle est la déclinaison. Le mieux serait de la déterminer dans chaque contrée nouvelle par une observation du soleil ou d'une étoile, ou tout au moins en prenant avec la boussole même la direction de l'étoile polaire ou celle de l'ombre à l'heure de midi, déterminée par une montre bien réglée; mais on se contente souvent des indications qu'on trouve dans les almanachs scientifiques de chaque pays et dans les almanachs nautiques.

Il est réellement assez rare qu'un géologue voyageur puisse prendre tous les soins nécessaires pour connaître toujours la déclinaison avec une extrême exactitude; cette déclinaison varie d'ailleurs quelquefois d'une manière brusque et inattendue d'un point à un autre dans certaines localités, surtout dans les montagnes, et ne pourrait y être déterminée que par des observations astronomiques faites *ad hoc* en chaque point. Il est donc rare qu'on connaisse la déclinaison pour le lieu et pour le moment de chaque observation avec une grande exactitude, par exemple à moins d'un degré près; de manière qu'il reste toujours là un élément d'incertitude. Un instrument qui donne la direction à un ou deux degrés près, est donc généralement suffisant. C'est une des raisons qui m'ont fait vous dire que les observations sur l'orientation des couches ne sont pas susceptibles d'une très-grande rigueur, et qu'il n'y aurait pas un grand avantage pour le géologue à avoir une boussole d'une très-grande précision :

comme d'ailleurs la direction des couches présente elle-même, ainsi que je l'ai déjà rappelé, de nombreuses irrégularités, on voit que, si on l'observe à un ou deux degrés près, on y met toute la rigueur convenable.

Manière de noter les directions.

Je vous recommanderai une autre attention : c'est de noter toujours la direction en degrés, et d'avoir une manière constante de la noter, pour que l'on s'y reconnaisse toujours facilement. D'après ce que je viens de dire, lorsqu'on veut faire des observations sur le sol de la France et rapporter les observations au méridien vrai, il faut placer l'aiguille aimantée vers l'ouest d'une vingtaine de degrés. Une fois que le cercle de la boussole est orienté, on peut noter la direction dans tous les sens. On peut convenir de noter toujours chaque direction à partir de celui des points cardinaux dont elle se rapproche le plus, et d'écrire, par exemple, N. 32° E. — E. 12° N. — E. 40° S. — En s'y prenant de cette manière, on n'est jamais exposé à commettre d'erreurs.

D'autres personnes préfèrent noter tous les angles, à partir du nord. Elles écrivent dans les mêmes exemples N. 32° E. — N. 78° E. — N. 130° E. — On peut compter ainsi de part et d'autre du méridien jusqu'à 180 degrés, ou même tourner d'un même côté tout autour de l'horizon, ce qui donnera des angles qui iront jusqu'à 360 degrés.

Tous ces modes sont bons, pourvu qu'on emploie d'une manière constante celui qu'on a adopté.

Inconvénients de la notation en heures usitée à Freiberg.

Il y a une autre manière de noter les angles, c'est celle usitée à Freiberg. On divise la demi-circonférence en 12 heures, et chacune de ces heures

est le douzième de 180 degrés, c'est-à-dire 15 degrés; 2 heures font 30 degrés, et ainsi de suite. Il n'y a aucune espèce d'avantage à employer cette méthode: je crois qu'on devrait s'entendre pour la proscrire. Il est plus clair d'employer les degrés, comme on le fait dans toutes les autres sciences. Quand on a noté la direction en heures, on est obligé de la transformer en degrés pour se bien représenter la position de la ligne à laquelle elle se rapporte.

L'habitude de noter les directions en heures est une simple régularisation du langage des habitants des campagnes, qui disent que tel village, par exemple, est situé vers le soleil de 10 heures, de midi, de 2 heures. Les mineurs se la sont appropriée, parce que, voyant que certains filons qui allaient du nord au sud, et d'autres de l'est à l'ouest ne renfermaient pas les mêmes minérais, ils ont imaginé que chaque direction avait des propriétés mystérieuses, et qu'un filon, dont le plan était éclairé par le soleil couchant, en avait d'autres que celui dont le plan serait éclairé par le soleil levant. Ils attachaient autrefois une très-grande importance à ces indices, et de là sont venues les dénominations de filons du matin (*Morgengänge*), de filons du soir (*Spätgänge*), etc. Lorsqu'on a voulu mettre un peu de précision dans les mesures par l'emploi d'instruments gradués, on s'est accommodé à ce langage, devenu le symbole des idées et même des espérances des mineurs, et on a divisé la circonférence en heures. C'est là l'origine de cette division en heures, qui est un embarras de plus à ajouter à l'embarras inhérent à l'usage de la

boussole, relativement à la déclinaison variable de l'aiguille aimantée. Je suis obligé de vous prévenir que cette notation existe. On trouve partout des boussoles divisées à la fois en degrés et en heures. Il est préférable de n'employer que la division en degrés.

Il est préférable de noter les directions en degrés.

Pour fixer la position d'un plan, il faut mesurer non-seulement sa direction, mais encore son inclinaison. Saussure recommande pour cela d'avoir tout simplement dans son portefeuille une petite plaque en cuivre, rectangulaire, de quelques centimètres de longueur et de largeur, sur laquelle est tracé un demi-cercle gradué, semblable à celui d'un rapporteur. Au centre de ce demi-cercle est attaché un fil à plomb. En plaçant ce demi-cercle sur la ligne de plus grande pente d'un plan, on mesure l'inclinaison de ce plan, et même on détermine la direction de la plus grande pente en cherchant quelle est celle, suivant laquelle l'inclinaison du plan en est la plus forte.

Demi-cercle gradué.

Ce demi-cercle gradué est facile à porter; cependant on peut à la rigueur s'en dispenser et se contenter d'un petit pendule en platine, placé dans l'intérieur de la boussole et suspendu au pivot de l'aiguille. En rendant une des grandes lignes de la boussole parallèle à celle dont on veut mesurer l'inclinaison, on peut avoir l'angle que cette dernière fait avec l'horizon à un ou deux degrés près, ce qui suffit dans le plus grand nombre des cas.

Le géologue peut avoir besoin, non-seulement de déterminer l'orientation et l'inclinaison d'une couche ou d'une fissure, mais de déterminer la forme d'une masse minérale polyédrique, ou au

moins de dresser le plan de sa surface : pour cela une petite boussole comme celle dont je viens de parler ne lui suffira pas toujours. Si on veut obtenir plus de précision on peut employer la boussole du capitaine *Kater*, instrument très-bien fait, sur lequel il y a une alidade.

Si l'on veut faire une triangulation complète, il faut avoir un instrument pour mesurer les bases. De Saussure conseille une chaîne. On peut employer un décamètre tel que ceux dont se servent les arpenteurs. Dans les opérations géodésiques on mesure les bases avec un soin extrême. Dans une opération rapide, comme sont presque toujours celles que les géologues peuvent exécuter en passant, il serait inutile de mettre dans la mesure de base une exactitude plus grande que celle que donne l'instrument qui sert à mesurer les angles, et un instrument portatif ne peut guère donner que la précision des minutes. Chaîne pour mesurer une base.

Il faut presque toujours se contenter dans les observations géologiques de ce degré de précision. Pour avoir des mesures plus exactes, il faut recourir à des opérations géodésiques régulières; mais en vous développant ces méthodes je sortirais du cadre que je me suis tracé.

On ne doit pas oublier la méthode ingénieuse imaginée par M. de Humboldt, qui consiste à prendre pour base une hauteur verticale mesurée à l'aide du baromètre, dont nous allons bientôt nous occuper. Base verticale mesurée à l'aide du baromètre.

On fait la plupart des observations géologiques de près; mais on peut aussi en faire de loin. On peut reconnaître de loin, et quelquefois mieux que Lunette.

de près, la forme générale d'une montagne, et saisir ainsi des choses très-essentielles à noter. Il faut avoir pour cela une lunette d'approche. J'ai fini par reconnaître qu'une lunette de spectacle est très-suffisante pour la plus grande partie des observations que l'on a à faire en ce genre; elle a l'avantage de ne gêner en aucune manière.

On peut quelquefois se servir avec avantage du *daguerréotype*, pour prendre des figures exactes des masses minérales. Je reviendrai plus loin sur cet instrument.

Beaucoup de faits géologiques se rattachent si intimement aux formes extérieures du sol, que le géologue a souvent besoin de déterminer ces dernières avec une grande précision. De là résulte pour lui la nécessité d'employer quelques *instruments topographiqnes*.

3.° *Instruments topographiques.*

Baromètre.

Dans une foule de circonstances le géologue a besoin de déterminer les différences d'altitude de certains points. On y parvient en mesurant leurs hauteurs respectives au-dessus de la mer : l'instrument ordinaire pour cet objet est le baromètre.

Longueur de la colonne de mercure.

Il y a plusieurs espèces de baromètres : les baromètres de M. Bunten sont extrêmement portatifs. Il y a deux lectures à faire, une à chaque extrémité de l'instrument, pour déterminer la longueur de la colonne de mercure. Pour cela il faut le suspendre : on peut avoir une vrille pour le fixer au tronc d'un arbre. Quand on monte sur une montagne où il n'y

a pas d'arbres, il faut porter une perche ou un bâton, afin d'y fixer le baromètre. Il y a des baromètres à cuvette qui n'exigent qu'une seule lecture et pour lesquels on peut se passer de suspension; mais ils sont ou moins portatifs, ou moins exacts.

Au reste, le grand point dans les observations barométriques est moins de bien lire la longueur de la colonne de mercure, que de bien déterminer sa température, ainsi que la température de l'air, qui entrent aussi l'une et l'autre dans la formule qui sert à calculer les hauteurs.

La température du mercure se détermine avec le thermomètre attaché au baromètre. Il faut, pour bien faire l'opération, que l'instrument ait séjourné dans un milieu d'une température uniforme, afin que tout l'ensemble de l'instrument ait exactement la même température, et que celle du mercure qui est dedans soit la même que celle du thermomètre. Sous ce rapport il faut se rendre compte de ce que les circonstances permettent de faire; voir si l'on a assez de temps pour faire l'opération de la manière la plus régulière. Si on le peut, on suspend l'instrument et on attend qu'il ait pris dans son entier la température de l'air ambiant; si on n'a pas une demi-heure à rester dans un endroit, on se contente de lire la température du mercure en tirant l'instrument du fourreau; mais cela entraîne des inexactitudes, parce que, quand l'instrument est dans un fourreau, qu'on porte sur le dos ou à la main, il y a des points qui sont inégalement échauffés. Ces différences de température du mercure peuvent amener des mécomptes dans les calculs. Sa température.

Température de l'air.

Pour prendre la température de l'air, qui est aussi une donnée essentielle, on a un thermomètre libre. Il ne faut pas que le thermomètre soit frappé par le soleil, et on doit faire en sorte qu'il soit influencé le moins possible par le rayonnement des objets extérieurs. Le meilleur moyen est de le tenir suspendu loin de soi et dans l'ombre. On peut le placer dans l'ombre de son chapeau. Il faut mettre le thermomètre loin de soi, et éviter de se placer sur un terrain trop blanc ou trop près d'un mur pour éviter que l'indication de l'instrument soit modifiée par le rayonnement du sol et par le rayonnement de l'observateur.

On commet ordinairement plus d'erreurs sur la température du mercure que sur la température de l'air, parce que la température de l'air se prend en deux ou trois minutes, et que l'on peut toujours attendre deux ou trois minutes, tandis qu'on ne peut pas toujours disposer d'une demi-heure pour attendre que la température du thermomètre attaché au baromètre soit devenue bien fixe. Au surplus, les erreurs que l'on commet ainsi ne sont pas très-graves, et sont ordinairement inférieures à celles qui sont inhérentes aux variations capricieuses et inégales que la pression barométrique éprouve simultanément en différents lieux, même peu éloignés. Il est impossible dans nos climats de se mettre à l'abri de ces dernières; car le calcul des hauteurs déterminées par les observations barométriques ne peut se faire qu'à l'aide d'observations correspondantes exécutées dans des localités plus ou moins éloignées.

Par suite de ces diverses circonstances, il est rare

que les observations barométriques faites en passant par les géologues exigent pour leur calcul plus de précision que n'en donnent les tables de M. Oltmanns. Ces tables, qui ont été dressées pour calculer les observations barométriques faites en Amérique par M. de Humboldt, sont reproduites chaque année dans l'Annuaire du bureau des longitudes.

Au reste, le baromètre est le plus incommode de tous les instruments que le géologue puisse avoir à porter. Quand on n'a pas absolument besoin de déterminer les hauteurs, il vaut mieux le supprimer, parce que, pour porter un baromètre, on est obligé de beaucoup se gêner et de sacrifier par cela même les occasions de faire un grand nombre d'autres observations.

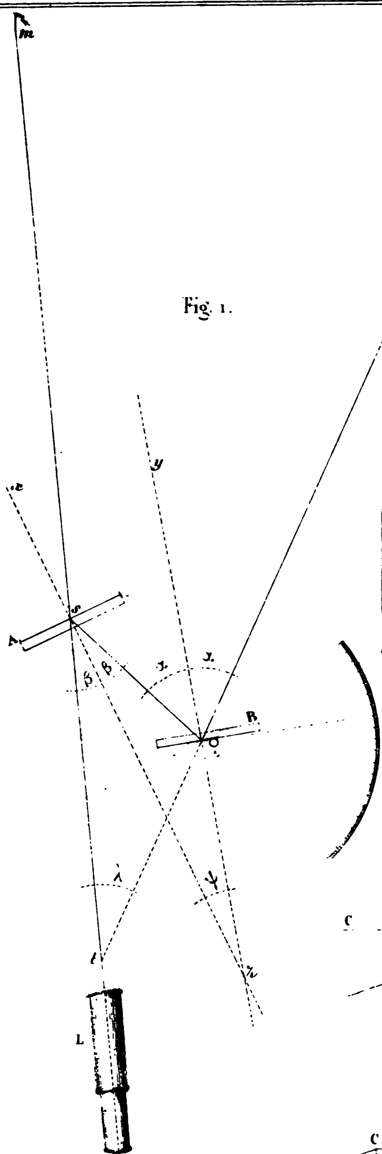
On peut au reste espérer qu'on sera prochainement débarrassé de cet instrument incommode, parce qu'on s'occupe en ce moment de différents moyens d'y suppléer, et particulièrement de perfectionner un instrument imaginé par le docteur Wollaston, qui a pour objet de déterminer la pression atmosphérique d'après la température à laquelle l'eau pure entre en ébullition. Plusieurs personnes font des expériences pour arriver à cet égard à une grande précision. La température à laquelle l'eau entre en ébullition dépend de la pression atmosphérique, et diminue quand la pression diminue : on peut arriver d'après ce principe à déterminer la pression de l'atmosphère avec un instrument très-portatif; et lorsqu'on connaît la pression et la température de l'air, on a tout ce qui doit entrer dans la formule qui sert à calculer les hauteurs au moyen d'obser-

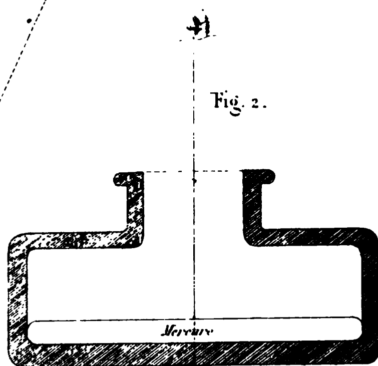
Appareil pour le degré d'ébullition de l'eau.

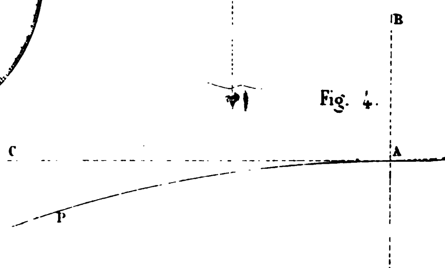
vations correspondantes faites par un observateur sédentaire. Ce moyen n'est cependant pas susceptible de la même précision que le baromètre. S'il s'agit de déterminer des différences de hauteur de 10, 15, 20 mètres, si, par exemple, on veut déterminer l'épaisseur d'une couche horizontale, on le fera très-suffisamment par le baromètre, et très-difficilement par le moyen de l'ébullition de l'eau; mais pour mesurer les grandes différences de hauteur, pour savoir si un continent est très-élevé ou très-bas, l'ébullition de l'eau donne déjà une approximation satisfaisante.

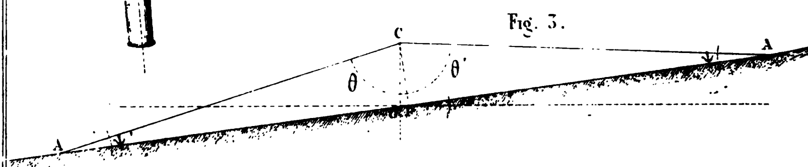
On s'occupe aussi de la construction de *monomètres* portatifs, qui, sans égaler sans doute le baromètre en exactitude, pourront cependant le remplacer dans un grand nombre de cas. Le *synpiesomètre* de M. Bunten paraît destiné à devenir un instrument à la fois exact et très-portatif.

M. Arago a proposé récemment une nouvelle construction du baromètre, qui, sans lui faire rien perdre de sa précision, le rendrait infiniment moins difficile à porter. Cet illustre physicien a aussi fait connaître une expérience d'optique, qui permettrait de déterminer avec précision la pression atmosphérique; mais aucun de ces moyens n'est encore devenu usuel.









Gravé par les F.res Avril.

Lith. de Kaeppelin

QUATRIÈME LEÇON.

(19 décembre 1843.)

Suite des instruments topographiques nécessaires aux géologues voyageurs.

MESSIEURS,

On a quelquefois besoin, même pour de simples observations géologiques, de déterminer des angles avec plus de précision que ne peuvent en donner les méthodes courantes indiquées ci-dessus. Sextant.

S'il ne s'agit que de déterminer des angles horizontaux, pour rapporter par exemple des points sur une carte, ou de mesurer un petit triangle, on peut le faire avec une boussole; mais, pour cela, la boussole ordinaire ne serait pas suffisante; il faudrait une boussole telle que celle du capitaine *Kater;* et, comme on ne peut pas porter un très-grand nombre d'instruments, il est préférable de se munir d'un petit sextant de l'espèce de ceux appelés sextant en tabatière (*snuff box sextant*). Cet instrument est très-portatif, infiniment plus qu'un baromètre, et en y joignant un horizon artificiel, on peut s'en servir pour mesurer des hauteurs, et se dispenser de baromètre dans beaucoup de circonstances.

Le sextant est l'instrument employé habituellement par les marins pour déterminer la latitude. On se sert du sextant perfectionné par Borda, et connu sous le nom de cercle de réflexion, pour une foule d'usages. Un sextant en tabatière ne serait pas suffisant pour déterminer la latitude; il ne donne que les minutes; aussi on ne recommanderait pas ce sextant pour faire des voyages dans des contrées dont on ne posséderait pas encore de carte; mais il peut servir au géologue pour exécuter une foule de mesures que je vous indiquerai après vous avoir fait connaître l'instrument et la manière de s'en servir.

Principe et emploi de cet instrument.

Le principe du sextant est très-simple : les deux pièces fondamentales de l'instrument sont deux miroirs en verre étamé, *A* et *B* (fig. 1, pl. 1), dont les faces sont rigoureusement parallèles. Le miroir *A* est fixe et n'est étamé que dans la moitié de sa hauteur, l'autre moitié étant libre et transparente; le miroir *B* est étamé dans toute son étendue, et tourne sur un axe perpendiculaire au plan de l'instrument. Supposons qu'on aperçoive deux objets éloignés, *m* et *n*, situés par rapport à l'observateur dans deux directions formant entre elles un certain angle λ qu'on veut mesurer. Le rayon lumineux *nt*, qui vient du point *n*, se réfléchit au point *r* sur le miroir mobile *B*, de manière à ce que l'angle de réflexion soit égal à l'angle d'incidence; il tombe, au point *s*, sur la partie étamée du miroir fixe *A*, et s'y réfléchit d'après la même loi. Il prend ainsi la direction *st*. Admettez que le miroir mobile *B* soit placé de manière que cette direction *st* coïn-

cide avec la direction *mt* du rayon lumineux qui vient de l'objet *m*. Si les deux rayons coïncident bien exactement l'un avec l'autre, l'observateur qui recevra ces deux rayons dans son œil, verra les deux objets *m* et *n* en coïncidence l'un avec l'autre.

On s'arrange de manière à voir la partie supérieure de l'objet *m* à travers la partie supérieure non étamée du miroir *A*, et à ce que l'image deux fois réfléchie de l'objet *n* se place au-dessous et dans le prolongement de l'objet *m*, dont elle semble n'être que la partie inférieure. En déplaçant un peu le miroir mobile, on voit que cet objet, qui paraissait alors unique, se dédouble en deux objets séparés; on les ramène à coïncider exactement : toute l'observation repose là-dessus. Afin de pouvoir se bien assurer de la coïncidence, on reçoit le groupe des deux rayons dans une petite lunette *L*. Cette lunette n'a d'autre objet que d'éclaircir les images, afin qu'on soit bien certain de les avoir fait coïncider.

Comment ceci donnera-t-il une mesure d'angle? Ce qu'on veut mesurer, c'est l'angle λ compris entre le rayon *mt* qui vient de l'objet *m*, et le rayon *nt* qui vient de l'objet *n*. Dans la figure 1, pl. 1, la ligne *yz* est perpendiculaire au miroir *B*, et la ligne *xz* au miroir *A*. Les deux angles α sont égaux entre eux, parce que l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence, et il en est de même des deux angles β. Le triangle *rst* donne :

$$2\alpha = 2\beta + \lambda;$$

le triangle *rsz* donne :

$$\alpha = \beta + \psi, \text{ ou } 2\alpha = 2\beta + 2\psi;$$

de là on tire immédiatement $2\psi = \lambda$, ou $\psi = \frac{1}{2}\lambda$.

Or, ψ est l'angle compris entre les plans des deux miroirs, et λ l'angle compris entre les deux rayons visuels *mt* et *nt* qui viennent des deux objets *m* et *n* dont les images coïncident. Il suffit donc, pour avoir le second de ces angles, de mesurer le premier et de le doubler. Pour effectuer cette mesure, l'axe du miroir mobile porte un bras de levier, dont l'extrémité, munie d'un vernier, se meut sur un cercle gradué, sur lequel elle décrit des arcs d'une amplitude égale aux angles parcourus par le plan du miroir, et qui en donnent la mesure. Afin d'éviter d'avoir à doubler les angles ainsi mesurés, opération qui, malgré sa simplicité, pourrait être une source d'erreurs, la division tracée sur l'instrument présente 180 degrés dans un quart de circonférence, et par conséquent elle donne, en degrés et minutes, le double de l'angle compris entre les deux miroirs, c'est-à-dire précisément l'angle compris entre les rayons lumineux provenant des deux objets dont les images coïncident.

Dans l'usage de l'instrument il y a seulement quelques faciles précautions à prendre pour que le miroir fixe soit bien perpendiculaire au plan du limbe, et pour que le zéro de la division réponde exactement au parallélisme des deux miroirs.

Le sextant est donc un instrument dont le principe est très-simple, et dont l'emploi pour mesurer un angle est extrêmement simple aussi.

Manière de s'en servir pour rapporter un point sur la carte.

S'il s'agit de rapporter un point sur la carte avec le sextant, on y parvient très-facilement. On fait usage du procédé adopté par M. Beautems-Beaupré pour la construction des belles cartes hydrogra-

phiques publiées par le dépôt de la marine; car c'est du sextant ou du cercle à réflexion, qui en est un perfectionnement, que l'on se sert pour placer sur les cartes marines les points où on a fait des sondes ou d'autres observations analogues. Il faut en effet dans ce travail avoir un instrument que l'on puisse tenir à la main, et au moyen duquel on puisse observer d'une manière exacte au milieu des oscillations d'un bâtiment. D'un point situé en mer on mesure les angles compris entre les rayons visuels menés à différents objets déterminés de position sur la terre ferme, par exemple à différents clochers. Sur les lignes qui joignent les emplacements de ces clochers sur la carte, on trace des segments de cercle *capables des angles observés;* ces segments se coupent tous dans le point où doit être marqué le lieu de l'observation.

Le géologue peut faire la même chose. Il observe les angles compris entre les rayons visuels menés du point qu'il veut marquer à différents points déjà marqués sur la carte, tels que des cimes de montagne, des clochers, etc. Puis il trace sur la carte, sur les lignes qui joignent ces points, des segments de cercle capables des angles observés. L'intersection commune de ces différents arcs donne la position du point qu'on veut marquer; les résultats sont plus exacts que ceux qu'on peut obtenir avec la boussole.

Avec de l'adresse et de l'habitude on peut presque sans instruments, et mieux encore en se servant du sextant et de la boussole, ajouter à des canevas de cartes très-imparfaites des détails topographiques précieux. Supposons qu'il s'agisse d'une

île pour laquelle on possède un premier contour des côtes, donné, par exemple, par une carte marine, et différents points bien déterminés dans l'intérieur; on est placé à l'un de ces points, on voit que deux ou trois points sont alignés entre eux. C'est une chose à laquelle l'œil est extrêmement sensible que de voir si les points sont alignés, c'est-à-dire situés sur une ligne droite, ou bien si la ligne les laisse un peu à droite ou un peu à gauche. Pour peu que des points soient placés en dehors de l'alignement, on s'exagère l'écartement, parce que les rayons visuels paraissent plus courts qu'ils ne le sont réellement, tandis que les distances latérales, qui ne perdent pas autant de leur grandeur, paraissent comparativement plus grandes. Après avoir ainsi noté comment tous les points remarquables, vus de quelques points connus, se projettent les uns par rapport aux autres, et par rapport aux divers points du contour; après avoir pris note des positions des ravins et autres accidents du sol, on peut faire une carte suffisamment exacte. Si le sol est fortement accidenté, on en dessine des profils, qui fournissent aussi de bons éléments; on finit par placer tous les points avec une assez grande approximation et par intercaler les détails topographiques dans leurs intervalles au moyen de notes prises dans les diverses courses qu'on a pu faire, de manière à tracer une carte qui donne une idée suffisante des lieux, et qui, dans tous les cas, est toujours un document précieux pour une contrée peu connue.

Mais ces petits travaux topographiques, quoique souvent nécessaires au géologue, ne sont pas ceux

dans lesquels le sextant lui rend le plus de services. Les angles compris entre les rayons visuels dirigés vers deux objets, tels que deux cimes de montagnes, ne sont pas les seuls pour la mesure desquels il peut faire usage de cet instrument; il peut s'en servir aussi pour mesurer l'angle compris entre le rayon visuel mené vers un objet et le plan horizontal, ou, ce qui est la même chose, entre ce rayon visuel et la verticale.

De Saussure recommandait d'avoir pour cela un horizon artificiel : c'est un verre noir parfaitement plan, qu'on place de niveau avec un niveau à bulle d'air, de manière que la surface soit parfaitement horizontale. On peut aussi avoir un horizon artificiel en mercure. Dans l'un et l'autre cas la surface de l'horizon artificiel est exactement perpendiculaire au fil à plomb. Horizon artificiel.

Si l'on veut déterminer la latitude d'un point, on n'a qu'à observer l'angle compris entre une ligne menée vers une étoile, et l'image de cette même étoile observée dans le mercure, et en prendre la moitié, à laquelle on fait ensuite les corrections convenables.

On peut aussi de cette manière déterminer la hauteur angulaire d'une montagne; mais ce procédé a un inconvénient très-grave pour les observations des géologues; c'est qu'on ne peut l'appliquer qu'aux objets situés *au-dessus* de l'horizon, tandis qu'on est souvent dans le cas de vouloir mesurer l'angle compris entre la verticale et un rayon visuel mené vers un objet situé *au-dessous* du plan de l'horizon. C'est ce qui arrive par exemple lorsque du sommet d'une

montagne on veut observer la hauteur angulaire de montagnes moins élevées. Le procédé de l'horizon artificiel est même très-difficile à appliquer aux objets peu élevés au-dessus de l'horizon, de sorte qu'il est beaucoup moins applicable aux objets terrestres qu'aux astres.

Horizon formé par du mercure contenu dans un flacon.

On peut employer pour les premiers un petit appareil équivalent à un horizon artificiel, mais qui permet de mesurer indifféremment les angles situés *au-dessus* et *au-dessous* de l'horizon, et qui a le grand avantage de s'appliquer aux objets voisins de l'horizon plus facilement qu'à tous les autres. C'est tout simplement une large goutte de mercure renfermée dans un flacon en bois. L'usage qu'on en fait est fondé sur ce principe que *lorsqu'on regarde sa propre image dans un liquide en repos, par exemple dans une eau tranquille, le rayon visuel mené de l'œil à l'image de ce même œil est exactement vertical.* Il n'est nullement nécessaire que la surface réfléchissante soit éclairée. Cette surface pourrait être dans un endroit très-obscur; il suffit qu'elle reçoive les rayons qui doivent s'y réfléchir.

Détails sur son emploi.

On a le mercure dans une bouteille en bois (pl. 1, fig. 2); ce mercure est là tout aussi réfléchissant que s'il était exposé à la lumière du jour : je prends la bouteille; je laisse le mercure se reposer; puis je regarde dedans; je vois l'image de mon œil parfaitement régulière, parce que je la vois dans un miroir parfaitement plan. La surface de cette large goutte de mercure est en effet très-sensiblement plane et horizontale dans son milieu. Vers le bord il y a une courbure due à l'action capillaire; mais si je regarde

par le goulot de la bouteille, mon œil ne reçoit que les rayons réfléchis sur la partie centrale et plane de mercure. Lorsque je regarde dans le mercure, la ligne droite suivant laquelle je vois mon œil, est une ligne *rigoureusement verticale.*

Ce rayon visuel perpendiculaire devient la verticale à laquelle se rapportent les mesures. Pour les effectuer, je me place au-dessus du flacon et je regarde dans le mercure avec l'instrument; je place le mercure par terre, afin qu'il soit le plus loin possible de mon œil. Je mets la lunette à l'instrument, afin d'y mieux voir, et je m'arrange de manière à voir dans le mercure l'image de l'instrument, et même du point par lequel le rayon visuel traverse l'instrument. Je suis sûr que ce point est verticalement au-dessus de son image dans le mercure. Je n'ai qu'à amener l'image d'un objet extérieur, du sommet d'une cheminée, par exemple, de manière que je la voie aussi sur le mercure, et la faire coïncider avec l'image du point de l'instrument où passe le rayon visuel, j'aurai dans l'instrument la mesure de l'angle compris entre la ligne menée au sommet de la cheminée et la partie inférieure de la verticale.

On pourrait aisément ajouter au sextant une pièce mobile et percée d'un trou, qui servirait à l'opération qui nous occupe; mais je me contente de placer sur le bord du sextant, derrière le miroir fixe, un petit morceau de papier blanc, percé d'une ouverture étroite, qui correspond à l'axe de la lunette dont l'instrument est pourvu. Sur la face extérieure du petit morceau de papier est tracée une

ligne noire dirigée perpendiculairement au plan du cercle gradué, et interrompue seulement par la petite ouverture dont j'ai parlé et au milieu de laquelle correspond cette même ligne noire. Je place alors le sextant au-dessus du mercure, en tournant la lunette verticalement, et je cherche à apercevoir dans le mercure l'image réfléchie de la ligne noire que porte le papier. Lorsque j'y suis parvenu, je suis certain que le rayon visuel mené de l'image de la ligne noire dans le mercure à son image dans mon œil, ne peut s'écarter de la verticale qu'en raison de ce que cette ligne n'est pas sans épaisseur, et de ce que l'ouverture faite dans le papier a une largeur sensible; mais ces deux sources d'erreur peuvent très-aisément être atténuées, de manière à ce que l'erreur possible soit nécessairement au-dessous d'une minute. Étant une fois sûr de la verticalité du rayon visuel qui part de l'image de la ligne noire réfléchie par le mercure, je n'ai plus qu'à amener l'image d'un objet quelconque réfléchie sur le miroir mobile à coïncider avec celle de la ligne noire, pour avoir sur le limbe de l'instrument l'angle compris entre la verticale et une ligne menée du centre de l'instrument à l'objet dont il s'agit, et qui peut être un point éloigné de la surface d'une route, d'une coulée de lave, d'un glacier, d'une rivière, etc.[1]

Une partie considérable des phénomènes qui agissent sur la surface de l'écorce terrestre et qui

1. J'emploie ce procédé depuis près de vingt ans; je l'ai déjà décrit dans les Annales des mines; 3.e série, tome 10, page 529 (1836).

y laissent leur empreinte, dépendent, dans leur développement, de l'inclinaison de cette surface. L'écoulement des eaux, celui des laves, les éboulements, etc., sont dans ce cas. De là il résulte nécessairement que l'inclinaison de la surface du sol intéresse fréquemment le géologue. Elle mérite, tout autant que les angles des cristaux, les honneurs d'une mesure exacte.

Le sextant avec son horizon représente pour le géologue le *goniomètre de Wollaston*. Le petit pendule suspendu au centre du cercle gradué de la boussole, est pour lui le *goniomètre de Carangeot*. Il emploie ce dernier pour les mesures ordinaires qui ne réclament qu'une évaluation en degrés; il se sert du second dans les cas où il faut aller jusqu'à une évaluation en minutes, par exemple pour mesurer les inclinaisons des surfaces peu éloignées du plan horizontal. Le procédé indiqué ci-dessus, appliqué à un sextant en tabatière (*snuff box sextant*), donne les angles à une ou deux minutes près. C'est une exactitude suffisante pour la plupart des angles que le géologue a besoin de mesurer, à moins qu'il ne s'agisse de déterminer la hauteur très-exacte d'une montagne ou la pente d'une grande rivière. Dans les cas de ce genre, qui exigent la précision des secondes, c'est-à-dire la précision astronomique, il faudrait des instruments plus grands que ceux que le géologue peut porter habituellement avec lui.

Lorsqu'on emploie le sextant pour mesurer les pentes, l'œil de l'observateur se trouve placé à environ un mètre et demi de hauteur. Pour qu'il

n'en résulte pas d'erreur, on pourrait placer à quelque distance un jalon qui aurait de même un mètre et demi de hauteur. On pourrait aussi, et ce serait suffisamment exact pour bien des cas, remarquer à une certaine distance un objet dont la hauteur serait à peu près égale à la hauteur d'un homme, et viser dessus. Mais on peut encore s'y prendre d'une autre manière, qui sans aucun appareil donne un résultat très-exact : on fixe à la vue deux points éloignés, A et A' (pl. I, fig. 3), situés à peu près à la même distance de l'observateur, l'un sur la pente montante, l'autre sur la pente descendante, et on prend les inclinaisons des rayons visuels dirigées sur ces deux points.

Soient θ et θ' les deux inclinaisons obtenues; celle de la surface dont on veut mesurer la pente sera sensiblement $\omega = \frac{\theta - \theta'}{2}$.

En effet, la seule inspection de la figure montre qu'on a

$$BOA = 90^\circ + \omega = \theta + \psi$$
$$BOA' = 90^\circ - \omega = \theta' + \psi'$$

d'où

$$\omega = \frac{\theta - \theta'}{2} + \frac{\psi - \psi'}{2}$$

ψ et ψ' étant des angles très-petits, la moitié de leur différence $\frac{\psi - \psi'}{2}$ peut être négligée sans erreur appréciable. On peut donc poser très-approximativement $\omega = \frac{\theta - \theta'}{2}$.

On voit aisément que, pour que les angles ψ et ψ' fussent égaux et leur différence exactement nulle, il suffirait que les distances PA et PA' fussent égales entre elles (CP est perpendiculaire sur AA'); mais ces deux distances pourraient différer très-notablement, sans que $\frac{\psi - \psi'}{2}$ cessât d'être une quantité négligeable : par exemple, si PA était égal à 1500^m et PA' à 2000^m, CP étant égal à $1,^m50$, on aurait

$$\psi = 5'\ 9''\ \psi' = 3'\ 26'' \text{ et } \frac{\psi - \psi'}{2} = 51''\ \tfrac{1}{2}$$

La double mesure que je viens d'indiquer a encore un avantage; c'est que, si le sextant était mal réglé, auquel cas chacun des deux angles θ et θ' serait affecté d'une erreur ε qui le rendrait trop grand ou trop petit, cette erreur disparaîtrait d'elle-même de la différence des deux angles.

Dans l'emploi qu'on fait du sextant pour mesurer les pentes, comme dans l'emploi de tout autre moyen de nivellement, il est quelquefois nécessaire d'avoir égard à la sphéricité de la terre.

Soit AB (pl. I.re, fig. 4) une verticale, et soit AP l'intersection d'un plan vertical avec la surface de la terre. C'est un arc de grand cercle. Si, dans ce plan vertical, on place un niveau d'eau, le prolongement de la ligne menée par les extrémités des deux colonnes liquides en équilibre est une ligne horizontale, qui représente une tangente AC à la surface de la terre. Cette tangente s'écarte de la surface de la terre à mesure qu'on s'éloigne du point A d'une certaine quantité qu'on appelle le *haussement du*

Haussement de niveau apparent.

niveau apparent. Ce haussement est exprimé approximativement par la formule

$$h = D \text{ tang. } \tfrac{1}{2} \left(\frac{D}{1852 \text{ m.}}\right)$$

dans laquelle h exprime le haussement ou la quantité dont la tangente s'écarte de la surface sphérique, D la distance exprimée en mètres, et $\frac{1}{2}\left(\frac{D}{1852}\right)$ l'arc auquel se rapporte la tangente, évalué en minutes.

Pour une distance D de 10,000 m., cette formule donne $h = 7,^{m}806$; mais la valeur h décroît très-rapidement quand D diminue, car elle est à peu près proportionnelle au carré de D; de sorte que, lorsqu'il s'agit de mesures renfermées dans un petit espace, le haussement est négligeable.

Si, au contraire, la distance dépasse un myriamètre, ce qui a lieu, par exemple, lorsqu'on veut mesurer les hauteurs de montagnes éloignées, il faut employer les formules dans lesquelles on a égard à la courbure de la terre.

Quand on vise à des points éloignés, il faut aussi tenir compte de la réfraction. Dans nos climats la réfraction relève les objets situés près de l'horizon d'une quantité qui peut être évaluée moyennement à huit centièmes de l'arc terrestre compris entre la station et le point observé. Cette quantité est exprimée par la formule $\frac{D}{1852}$ 0,08.

Au reste, dans la plupart des observations géologiques on n'a pas besoin d'avoir égard à la courbure de la terre, ni à la réfraction. Si on est dans

le cas d'en tenir compte, on cherche ces corrections dans les ouvrages relatifs à la géodésie, où elles sont réduites en tables d'un usage facile.

Panoramas de montagnes.

On peut employer le sextant très-commodément pour recueillir rapidement les bases d'un panorama de montagnes exact. On s'établit dans un point d'où l'on voit bien les montagnes; et l'on prend successivement les hauteurs au-dessus de l'horizon de tous les points saillants. C'est une chose qui se fait très-vite : lorsque la bouteille de mercure est bien installée, que le sextant est aussi bien réglé, on peut exécuter chaque mesure en un très-petit nombre de minutes. Pour ces sortes de déterminations il n'est nullement nécessaire d'avoir égard à la réfraction, ni au haussement du niveau apparent. Ensuite on peut prendre la distance angulaire d'un point à chacun des autres points. On dessine un croquis, où l'on s'attache à marquer les traits essentiels du profil, et où on indique les angles mesurés. Puis, quand on veut reporter les mesures sur le papier, on réduit les distances angulaires à l'horizon par les formules connues; on n'a qu'à tracer ensuite une ligne qui représente l'horizon, à y mesurer des longueurs proportionnelles aux angles réduits à l'horizon et à élever des perpendiculaires proportionnelles aux angles de hauteur; enfin on reporte le croquis sur le canevas géométrique.

Muni des instruments si simples que je mets sous vos yeux, je suis mainte fois resté des heures entières sur une cîme isolée (le Ballon, la Dôle, le Buet, le Cantal, le Pic du midi, l'Etna, etc.), occupé à mesurer des angles et à dessiner des contours.

La grande variété d'objets sur lesquels le géologue exerce son esprit en même temps que ses instruments et son crayon, ôte à ce travail purement graphique la monotonie qu'on pourrait lui supposer, et en fait dériver une foule de documents précieux sur la constitution de la contrée.

Si le géologue n'est pas suffisamment exercé au dessin, il peut faire exécuter le paysage par un dessinateur. Mais il y a une grande différence entre un dessin dont les points principaux sont ainsi déterminés rigoureusement, et un dessin fait simplement à vue. Le dessin exécuté sans le secours d'aucun instrument est ordinairement plus pittoresque que le dessin levé rigoureusement, mais beaucoup moins fidèle. Quand on voit une montagne, on se la figure toujours plus élevée qu'elle n'est; on en dessine une véritable caricature.

Quand on fait son croquis pour indiquer les angles mesurés, on lui donne une forme géométriquement aussi semblable que possible à celle que l'on a devant les yeux; mais on fait involontairement la hauteur trop grande. Lorsqu'on réduit plus tard ce dessin, on est conduit à lui donner une forme beaucoup plus aplatie. Cela tient à une illusion d'optique qu'on n'est pas maître d'éviter et qui fait que, lorsqu'un dessin est exécuté rigoureusement, on ne le reconnaît presque pas : il paraît beaucoup trop plat. Lorsqu'on veut faire un dessin que l'on reconnaisse bien, il faut doubler ou tripler les hauteurs données par les mesures. Quand MM. Bérard et de Tessan ont exécuté la reconnaissance des côtes de l'Algérie, ils ont fait des observations

analogues à celles que je viens de vous indiquer; seulement, au lieu des panoramas, ils ont dressé des vues géométrales; mais ils ont reconnu que, lorsqu'ils les avaient dessinées rigoureusement, les dessins étaient presque méconnaissables. Les montagnes semblaient trop plates, et, pour produire une apparence qui rappelât la nature, il a fallu doubler et tripler les hauteurs, tant pour les vues générales que pour les vues partielles.[1]

On a, dans ces dernières années, imaginé d'autres appareils qui peuvent servir très-utilement pour les travaux géologiques; je mentionnerai particulièrement la *Camera lucida*. C'est un petit appareil très-portatif, qui a été inventé par le docteur Wollaston et perfectionné par M. Amici. On en trouve la description dans les Traités de physique. On fait avec cet instrument des portraits très-ressemblants, et lorsqu'on dirige le crayon avec un peu de soin, on parvient à reproduire très-exactement les contours des montagnes. Si l'on joint à un dessin fait de cette manière quelques mesures d'angles, afin de bien placer les montagnes autour de l'horizon, on peut arriver à des résultats très-satisfaisants. *Camera lucida.*

On a de plus maintenant le *daguerréotype*, avec lequel on peut faire des vues très-précises de montagnes et de rochers. Je crois que, par le moyen du daguerréotype, la géologie sera enrichie de dessins curieux. Cet instrument est très-précieux pour reproduire les escarpements des Daguerréotype.

1. Bérard, Description nautique des côtes de l'Algérie.

rochers avec les plus petits accidents. Quand il y a des roches stratifiées en couches très-minces et très-nombreuses, il est presque impossible de compter ces couches et les cassures qu'elles présentent; lorsqu'on essaye de les dessiner, on en supprime au moins les trois quarts, et on représente imparfaitement les autres, tandis que, avec le daguerréotype, on reproduit non-seulement toutes les couches, mais encore leurs plus petits accidents. Comme vous le savez, les dessins daguerriens soutiennent l'examen le plus minutieux. Si les dessins obtenus sont trop délicats, on peut les examiner à la loupe et y voir les traits les plus déliés de la structure des roches. J'ai vu des dessins très-remarquables faits de cette manière, tels que ceux des rochers de Constantine : on peut y compter les cassures. En y joignant quelques échantillons des pierres calcaires qui les composent, on a une idée très-complète de la structure de la montagne tout entière. Je ne doute pas que l'on ne fasse ainsi dans toutes les parties du monde des collections précieuses. Il est à désirer qu'on les grave avec toute l'exactitude dont de pareils dessins sont susceptibles. Malheureusement le daguerréotype n'est pas un appareil très-portatif.

Remarques sur la manière de voyager et d'observer.

S'il est une chose dont on puisse dire qu'elle s'apprend surtout par la pratique, c'est assurément l'*art de voyager*. Cela est d'autant plus vrai que chacun est obligé de subordonner sa manière de

voyager à sa propre constitution. Cependant quelques remarques générales à ce sujet pourront ne pas être inutiles.

Je rappèllerai d'abord la recommandation faite par de Saussure d'avoir tous les outils nécessaires pour réparer les instruments : pinces, tourne-vis, fil, ficelle. On n'a pas besoin d'avoir tout cela dans ses poches; il suffit de retrouver ces objets de temps à autre. Outils pour réparer les instruments.

De Saussure n'a pas négligé les précautions relatives à l'habillement; il recommandait d'avoir un habit blanc, un chapeau blanc, comme s'échauffant moins au soleil : la différence de teinte ne produit cependant pas une différence très-sensible sous ce rapport, et une couleur éclatante, à laquelle on n'est plus habitué aujourd'hui, tombe dans l'inconvénient d'attirer l'attention d'une manière incommode.

Il recommande aussi d'avoir des *lunettes vertes* ou *bleues :* cette précaution est excellente pour aller sur les glaciers ou même sur les routes que la sécheresse rend blanches en été. Un crêpe noir est aussi très-bon pour aller sur les glaciers : cela affaiblit l'effet de la réverbération. Quand on a été toute la journée sur un glacier, si on n'a pas pris de précautions pour ses yeux, on est souvent presque aveugle le soir, et il peut en résulter des affections dangereuses. Lunettes bleues. Crêpe noir.

Il faut avoir un bâton pour marcher sur les gazons très-inclinés et sur des terrains glissants. On en rencontre très-souvent quand on va dans de hautes montagnes; on a besoin alors d'un bâton ferré; Bâton ferré.

Saussure recommandait un bâton de sapin de sept pieds de longueur. Si on veut aller sur des glaciers, il faut armer ses souliers de pointes, pour ne pas glisser sur la glace; il a recommandé des crampons et aussi des vis, que l'on visse dans la semelle des souliers, et qui ont une tête pyramidale ou bien façonnée en double pyramide. On en visse huit ou dix sous chaque soulier, surtout sous le talon; cela résiste parfaitement : on peut marcher une journée entière sans perdre plus d'une ou deux de ces vis.

Crampons ou vis.

Saussure donne aussi quelques indications relatives à la nourriture; chacun doit agir à cet égard suivant sa constitution. L'état où la civilisation est aujourd'hui parvenue dans la plupart des contrées de l'Europe, dispense au reste de prendre beaucoup de précautions à cet égard, et permet de simplifier en général plusieurs de celles indiquées par de Saussure.

Plans de voyage.

Mais une chose toujours essentielle pour tirer tout le parti possible d'un voyage géologique, c'est d'en bien faire le plan. Pour cela on doit avoir égard au climat et à la constitution géologique de la contrée à explorer. Il faut d'abord choisir convenablement la saison.

Saison la plus favorable aux excursions géologiques dans les hautes montagnes de l'Europe.

Lorsqu'on se propose d'aller dans les hautes montagnes, il faut se rappeler que dans les mois de mai et de juin le temps, dans ces hautes et froides régions, est extrêmement incertain et variable; il survient des orages presque tous les jours. Jusqu'au 20 juin, le temps est extrêmement chanceux ; la saison n'est donc pas commode. Dans certaines contrées les montagnes sont encore couvertes de neige. Les

neiges de l'hiver ne sont bien fondues que vers le commencement du mois de juillet, et même les contours des neiges perpétuelles continuent à reculer jusqu'au mois de septembre. Ce n'est que vers la fin d'août que l'on trouve certains cantons dégarnis des neiges qui les couvrent pendant onze mois de l'année. Il résulte de là que l'intervalle du 15 juillet au 15 septembre est la saison la plus favorable aux excursions dans les hautes montagnes; pour les montagnes moins élevées, on peut y joindre juin et octobre; mais en juin on a à redouter les orages, et à la fin d'octobre les pluies.

Midi de l'Europe.

En Provence, en Italie, en Espagne, le mois de novembre est souvent très-beau. Dans l'Algérie la belle saison se prolonge plus longtemps encore.

Pays chauds.

Dans les contrées qui avoisinent les tropiques, les derniers mois de l'année sont les meilleurs. En se rapprochant de l'équateur, ce sont les mois de notre hiver qui jouissent des priviléges de l'été; notre été porte aux Antilles le nom d'hivernage : c'est la saison la plus défavorable; au contraire la saison la plus favorable se compose de nos mois d'hiver, décembre, janvier, février.

Il faut savoir saisir les intervalles de beau temps.

Lorsqu'on doit faire des courses géologiques dans les montagnes, il est très-essentiel de s'arranger pour profiter du beau temps et pour éviter le mauvais. C'est une chose en elle-même très-chanceuse; cependant on finit souvent par acquérir à cet égard une certaine habitude, qui est un véritable élément de succès pour les observations. Il y a des personnes qui croient avoir du malheur sous ce rapport, tandis que d'autres sont heureuses, ce qui prouve seule-

ment qu'on peut s'y prendre plus ou moins adroitement.

Remarques à ce sujet.

A moins qu'il ne survienne des orages, comme il arrive souvent aux mois de mai et de juin, le temps ne change pas en général très-subitement. Dans nos climats, les variations atmosphériques les plus habituelles résultent de la lutte des vents du nord-est et du sud-ouest. Lorsque le vent du nord-est vient de s'établir, il y a ordinairement quelques jours sans pluie; c'est le moment à saisir pour faire des courses dans des endroits où il est indispensable d'avoir du beau temps. On est guidé à cet égard par le baromètre, qui monte quand le vent passe au nord-est. Il arrive quelquefois aussi que le temps est très-beau, mais que le baromètre est descendu, et *vice versa;* c'est que le vent du sud-ouest s'est établi dans les hautes régions de l'atmosphère, ou bien qu'il ne souffle plus que dans les basses régions : c'est un indice presque certain de changement de temps. Quelquefois le changement n'a pas lieu tout de suite; mais il est rare qu'il tarde beaucoup à se faire sentir. Souvent on voit que la pluie prend une intensité extrême, et au moment où cette intensité est la plus grande, le baromètre commence à monter : le tout provient de ce que le vent du nord-est a commencé à souffler dans les régions supérieures de l'atmosphère. La lutte de cette masse d'air froid qui vient du pôle avec l'air arrivé du sud-ouest, produit un déluge de pluie : immédiatement après le beau temps revient, et avec lui arrive le moment de partir. Il faut donc, en pareil cas, faire ses préparatifs au moment

de la pluie la plus intense, afin d'être prêt à partir aussitôt que la pluie cesse. Cette règle n'est pas infaillible, mais elle réussit très-souvent.

Il faut pouvoir modifier le plan de voyage jour par jour d'après l'état de l'atmosphère.

Vous voyez que, pour pouvoir profiter ainsi des circonstances atmosphériques, il faut n'avoir pas un plan de voyage totalement invariable. Il faut pouvoir au contraire se décider à s'arrêter lorsqu'il y a apparence que le temps doit devenir mauvais, ou à ne faire alors que des courses dans lesquelles il n'y aurait pas beaucoup d'inconvénient à être surpris par la pluie. On doit, vous le concevez, saisir les moments de beau temps pour traverser les montagnes, et aller visiter les glaciers. L'essentiel est d'avoir un plan bien défini dans son ensemble, et de se ménager la possibilité d'intervertir l'ordre des courses. Tout cela finit par paraître très-simple lorsqu'une fois on a acquis l'habitude de la manière de voyager dans les montagnes.

Itinéraire à dresser d'avance.

J'ai encore à vous indiquer quelques précautions pour compléter un plan de voyage. Un des éléments les plus essentiels dans les voyages, c'est le temps, et il faut s'arranger pour l'économiser le plus possible. La manière de l'économiser, c'est de savoir exactement ce que l'on veut faire, de bien faire son plan, de bien disposer son itinéraire.

Nécessité d'avoir de bonnes cartes.

Le premier soin à prendre pour y parvenir, c'est de se procurer de bonnes cartes. Saussure n'en portait pas beaucoup : de son temps il y en avait très-peu. Il a fait ses premiers voyages autour du Mont-Blanc presque sans cartes. La sienne même est assez informe ; on en a publié de beaucoup meilleures depuis. Sur ce point tout est changé. Il faut donner

une grande attention dans ses voyages au choix des cartes : c'est le premier élément du bagage d'un géologue. Vouloir faire de la géologie sans cartes, équivaudrait à vouloir faire de l'anatomie sans figures.

Ouvrages déjà publiés à consulter.

En outre, si on ne doit pas voyager dans des pays tout à fait inconnus, il faut se procurer tous les renseignements existants sur la contrée que l'on veut parcourir. Il y a des ouvrages publiés sur la géologie de presque toutes les contrées de l'Europe. On connaît plus ou moins le fond de leur constitution géologique : ce sont des circonstances de détail que l'on a à examiner. Il faut d'abord savoir quels sont les ouvrages à consulter; il en existe des catalogues. Un des meilleurs ouvrages à consulter en cette matière, c'est le Guide du géologue voyageur, par M. Boué. Ce savant voyageur a consacré une vaste érudition à faire connaître sur toutes les contrées de l'Europe les ouvrages géologiques publiés depuis un grand nombre d'années. Il a lui-même consigné dans son ouvrage [1] un premier aperçu de la structure de chacune d'elles.

Remarques sur le choix des directions à parcourir.

Lorsqu'on est ainsi renseigné sur les pays que l'on veut visiter, on sait quels sont les principaux contours des masses minérales qui en forment le sol; on sait, pour me servir ici d'un exemple très-général, qu'une partie considérable d'une contrée est occupée par du granite; que des formations secondaires sont appuyées sur ce granite, de manière à former des bandes qui se contournent à l'entour.

1. A. Boué, Guide du géologue voyageur, sur le modèle de l'*Agenda geognostica* de M. Leonhard ; Paris, Levrault, 1835.

Le précepte général qu'on peut donner en pareil cas, c'est de combiner les excursions de manière à couper le plus souvent possible les lignes de séparation de ces bandes ou zones successives. Il faut que l'itinéraire soit arrangé de manière à faire des zigzags qui coupent et recoupent leurs limites respectives. Si on traversait simplement la masse granitique dans sa longueur, on ne verrait presque rien qui méritât d'être noté; ce serait presque toujours la même chose. Il vaut mieux en faire le tour et couper le plus souvent possible la ligne de jonction suivant laquelle les autres roches s'appuient sur elle.

D'autres fois on voit une vaste contrée composée de couches presque horizontales. Une grande partie de là France septentrionale est dans ce cas-là; les couches forment alors presque toujours des coteaux disposés en terrasses légèrement inclinées. Je suppose qu'on fasse une course dans la longueur d'une de ces terrasses, on verra toujours la même chose; on n'aura presque rien à noter. Si, au contraire, on s'arrange pour traverser plusieurs fois cette terrasse et celles qui la bordent, on aura occasion de voir se succéder un grand nombre de circonstances différentes, de constater des superpositions, etc.

Vous pourrez juger d'après cela qu'il y a un certain art à combiner les itinéraires, de manière à rendre les courses les plus productives possibles. Il est difficile de donner des préceptes très-détaillés à cet égard; mais les réflexions que j'ai faites peuvent être utiles dans beaucoup de circonstances et en suggérer d'autres dans des cas différents. Quant aux détails d'une exploration géologique, au choix des

objets à visiter, il dépend aussi des données que l'explorateur peut réunir sur les lieux mêmes.

Données que l'observateur recueille au fur et à mesure pour se diriger.

On en réunit quelquefois un assez grand nombre en assez peu d'instants. Un géologue arrive dans un endroit dont il n'a aucune connaissance; il y arrive par la diligence, la nuit ou le matin : il voit une localité qui lui est tout à fait inconnue; ses yeux sont frappés par toute sorte d'objets; il peut acquérir là, en très-peu de temps, en un quart d'heure, une foule de notions propres à donner pour un temps assez long un but et une direction à ses courses : il verra des maisons en construction, des amas de pavés, des matériaux pour les routes; il acquerra ainsi la connaissance des différentes espèces de carrières, des différentes pierres, moellons, pierres de taille, pierres meulières et menus matériaux pour l'empierrement des routes : puis les carrières à plâtre, les fours à chaux, les briqueteries, les ardoisières, fourniront autant de sujets d'études. Il peut avoir connaissance de tout cela dans un très-court espace de temps.

J'aurai de nombreuses occasions de revenir sur ces remarques. On trouvera d'ailleurs d'excellentes indications sur le même sujet dans l'ouvrage de M. de la Bèche, intitulé *How to observe (geology)*.[1]

Puis, si la localité n'est pas dans une plaine absolument horizontale, il y aura une rivière. Les bords de cette rivière présenteront déjà presque toujours quelques endroits où le sol sera à décou-

1. Cet ouvrage a été traduit en français par M. H. de Collegno sous le titre de l'*Art d'observer en géologie;* Paris, Levrault, 1838.

vert; si c'est un port de mer, le rivage offrira aussi quelques parties où les roches solides seront à nu.

On peut apercevoir de loin des éminences, des montagnes plus ou moins considérables, et faire déjà des remarques sur leur situation et leur profil, recueillir les indications que leur forme extérieure fournit sur leur structure et leur composition.

Il y a encore les constructions déjà existantes et particulièrement les anciens monuments. Il suffit d'y jeter un coup d'œil pour acquérir une partie des notions dont je viens de parler, et surtout, s'ils sont très-anciens, on peut faire des observations sur la résistance que leurs matériaux opposent aux dégradations extérieures, sur la manière dont ils se sont conservés.

Il est rare que le géologue fasse exécuter des travaux de recherche.

Pour achever de faire connaître les moyens d'investigation de la géologie, il me reste à réduire à sa juste valeur une idée inexacte, mais assez généralement répandue, sur la manière dont les géologues procèdent à leurs explorations. Des personnes qui savaient que je m'occupais de géologie, m'ont souvent dit par exemple : Vous allez dans différents pays; vous vous installez dans un endroit; vous y faites des travaux, tels que des sondages, etc. Il est bien certain que, s'il s'agissait d'acquérir la connaissance exacte du sol dans un point donné, pour déterminer, je suppose, la fondation d'un édifice, il faudrait y faire faire des fouilles : mais en général les géologues n'ont pas besoin de données aussi locales sur la nature du sol; des connaissances moins rigoureusement déterminées quant à leur point d'application, mais nettes en elles-mêmes et em-

brassant de grands espaces, peuvent fournir les éléments d'une science très-solide.

Les méthodes suivies pour la recherche des mines sont calquées sur la structure de l'écorce terrestre.

Il y a donc une grande différence entre les investigations générales auxquelles se livrent les géologues et les recherches spéciales que l'on fait pour reconnaître la constitution du sol d'une localité, ou pour rechercher les carrières, les mines, ou en général les matières exploitables. Néanmoins, toutes les méthodes employées dans ces recherches ont été suggérées par l'expérience, et elles sont si exactement coordonnées à la structure de l'écorce terrestre, qu'il suffit d'en faire l'exposé pour donner une idée de cette structure et du mode d'examen dont elle est susceptible. Sous ce rapport un aperçu de l'art des mines, et particulièrement des méthodes de recherche suivies par les mineurs, est une excellente introduction à l'étude de la géologie. On en trouvera un exposé aussi net que précis dans l'excellent ouvrage publié récemment par M. Amédée Burat sur la géologie appliquée.[1]

Formes des gîtes de minerais.

Ce qu'on appelle vulgairement une mine, ou, pour parler plus exactement, un *gîte de minerai*, est en général une masse plus ou moins grande d'une certaine substance qui existe dans l'intérieur de la terre. Ces masses sont le plus ordinairement de *grandes plaques* qui se trouvent dans l'intérieur de la terre, quelquefois dans une position horizontale, quelquefois dans une position inclinée, sous

1. Géologie appliquée, ou Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles, par M. Amédée Burat, professeur à l'école centrale des arts et manufactures; Paris, Langlois et Leclerc; 1843.

tous les angles possibles. Ces plaques se présentent presque toujours quelque part à la surface du sol, et la plupart des mines ont été découvertes simplement parce que de certaines parties, qui se montrent à la surface et qu'on désigne sous le nom d'affleurements, ont été remarquées et recueillies. On rencontre ces indices de mines quelquefois sur la surface générale de la contrée, dans des endroits tout à fait ordinaires; ce n'est cependant pas le cas le plus fréquent. On les voit plus souvent paraître dans des endroits où le sol est entamé par des circonstances accidentelles, par exemple dans les falaises au bord de la mer ou des rivières, dans les ravins creusés par les torrents, ou dans d'autres anfractuosités naturelles. Dans les ravins on trouve parmi les cailloux roulés des fragments de minerai dont on ne connaît pas encore le gisement. En remontant le torrent on arrive jusqu'à l'endroit où la substance exploitable se trouve en place. Ceci est vrai non-seulement des minerais, mais encore de toutes les autres substances qui sont susceptibles d'exploitation, et même des roches étudiées seulement par les géologues.

Leurs affleurements.

Lorsqu'on a le soupçon qu'il existe dans une contrée, dans un certain espace déterminé, un gîte de matière exploitable dont on ne connaît pas bien la position ou dont on veut mieux constater la nature, on fait ce qu'on appelle des travaux de recherches.

Les recherches des mines se font par trois procédés différents : on emploie la méthode par *tranchées ouvertes*, la méthode par *puits et galeries*, la méthode par *sondages*.

Recherches par tranchées ouvertes.

La méthode par tranchées ouvertes est très-simple: elle consiste à faire un fossé assez profond pour entamer la roche en place. Il y a ordinairement sur sa surface une certaine quantité de terrain meuble, de terre végétale. On fait en sorte que le fossé coupe complétement cette masse terreuse et atteigne la roche au-dessous. Comme les roches sont souvent disposées par couches, et que la plupart des masses exploitables sont elles-mêmes de grandes plaques souvent parallèles aux couches, on s'arrange pour que la direction du fossé se trouve être perpendiculaire à celle des couches, afin que, dans une longueur donnée, on voie le plus grand nombre possible de ces couches. Si la masse qu'on veut explorer est une couche parallèle aux autres, le fossé la rencontrera, on saura son épaisseur, on connaîtra son gisement. Dans le cas où la masse qu'il est question d'exploiter serait une grande plaque coupant obliquement les couches, ce qu'on appelle un *filon*, on pourrait donner au fossé une direction perpendiculaire à la direction présumée de ce gîte.

Recherches par puits et galeries.

Pour la recherche des mines, quand on connaît la disposition d'une couche et qu'on veut en mieux constater la nature, on fait un puits placé de manière à la rencontrer dans la profondeur. Si la couche était placée dans un terrain en pente, on pourrait aussi faire une galerie d'allongement, c'est-à-dire dirigée horizontalement suivant la ligne de direction de la couche; si la couche est très-peu inclinée, on fait un puits vertical, et on arrive ainsi à la reconnaître. C'est là ce qu'on appelle des recherches par *puits et galeries;* cette méthode est

très-suivie dans la recherche des mines, parce que les masses minérales sont très-souvent disposées en grandes plaques fort régulières dans leur ensemble.

Recherches par le sondage.

Il y a encore la recherche par sondage, c'est-à-dire à l'aide d'une grande tarière semblable à celle dont on se sert pour ouvrir les puits artésiens.

Le géologue se contente presque toujours des données qui serviraient à fixer le plan des ouvrages de recherche.

La personne qui veut faire explorer ainsi un gisement, ne place pas la tranchée ouverte, ou la galerie, ou le sondage, au hasard : elle commence par se bien rendre compte de la structure de la contrée en examinant la distribution des roches et ce que l'on peut conjecturer des formes de leurs masses d'après leur apparence extérieure. Eh bien! cet examen, d'après lequel les exploitants déterminent la position de leurs ouvrages de recherches, peut, à lui seul, fournir au géologue beaucoup d'éléments scientifiques. Il est certain que, si on faisait exprès des recherches pour la géologie, on arriverait à avoir des données plus précises que celles-là. Il y a même des points sur lesquels il serait bon que l'on en fît; car il serait souvent utile de faire à fond l'exploration spéciale d'un point. Mais le géologue trouve presque toujours moyen de s'en passer, ou d'y suppléer en se servant de travaux exécutés dans un autre but. Il est plutôt dans le cas de profiter des recherches faites dans l'écorce terrestre pour différents travaux ayant un but direct d'utilité, tels que l'exploitation des carrières et des mines, que d'en faire faire de nouvelles.

Il profite aussi des travaux faits dans un autre but.

Il est très-rare que le géologue fasse creuser même des tranchées ouvertes, quoique ce soit une opération très-simple : il se sert des tranchées ouvertes

toutes faites. Les fossés qui environnent les champs, qui bordent les chemins, les coupures faites pour les canaux ou les chemins de fer, sont des tranchées ouvertes pour les géologues.

En joignant à ces tranchées artificielles les tranchées naturelles, les ravins, les sillons où coulent les rivières, les rochers escarpés, les falaises au bord de la mer, ils ont un ensemble qui leur suffit, et remplace les tranchées ouvertes que l'on fait pour la recherche des mines.

Quelquefois on donne aux travaux des mines une direction propre à constater des faits géologiques.

Les géologues profitent aussi des travaux par puits et galeries entrepris pour l'ouverture des mines et des carrières, et on fait même quelquefois des travaux de ce genre dans l'intérêt de la géologie. Ainsi, quand les mines sont conduites par des ingénieurs qui sont en même temps géologues, on dirige quelquefois des travaux accessoires de manière à constater de certains faits géologiques. Lorsque la Savoie était un département français, la mine de Pesey, appartenant à l'État, servait d'école pratique des mines, et sur la demande de M. Brochant, professeur de géologie, on se décida un jour à percer une galerie pour observer un gisement d'anhydrite; mais c'est le seul travail de ce genre que l'on ait exécuté dans cette mine, aussi lui donna-t-on le nom de *galerie des géologues*.

Les géologues ne sont pas non plus dans le cas de faire beaucoup de sondages. On arrive, par les explorations faites à la surface, à une connaissance suffisamment exacte du sol pour pouvoir prédire ce que donneront les sondages. Cependant les sondages ont appris des choses très-importantes pour

la géologie. Ils ont fourni des détails ou des confirmations d'un véritable intérêt.

Le puits artésien de l'abattoir de Grenelle a confirmé ce qu'on savait sur la structure du bassin de Paris. Mais il est à remarquer que le puits de Grenelle a coûté de deux à trois cent mille francs, tandis que les recherches réunies des géologues pour déterminer la structure du bassin de Paris, vérifiée au moyen du puits de Grenelle, n'ont peut-être pas coûté cent mille francs en tout. Ainsi, pour préciser un point, d'ailleurs à peu près connu, et pour ajouter seulement un nouveau degré de certitude à tous ceux que l'on avait déjà, on aurait dépensé le double ou le triple de ce qu'avaient coûté les connaissances acquises par les moyens à la disposition des géologues. Mais le puits artésien de l'abattoir de Grenelle a été exécuté surtout dans un but d'utilité publique, et, sous ce rapport, il a parfaitement atteint le résultat qu'on s'était proposé.

Les excavations sont beaucoup plus coûteuses que les explorations faites à la surface.

Cette remarque doit faire sentir qu'il y a ici à considérer une question d'emploi plus ou moins utile de capitaux. Les dépenses qui devraient être faites sur certains points dans le seul but de compléter une observation géologique de détail, peuvent presque toujours être appliquées d'une manière plus utile sur quelques autres points à faire de nouvelles observations; c'est ce qui fait que l'on évite les dépenses qui ne seraient consacrées qu'à des travaux exécutés dans le seul intérêt de la géologie. Chaque fois qu'il s'agit de dépenser quelques milliers de francs dans le seul intérêt de la géologie, on trouve à opérer avec cette somme des choses plus utiles

en se bornant à glaner sur une grande surface les faits qui s'y trouvent répandus, qu'en l'appliquant dans un seul endroit pour achever d'éclaircir un seul fait.

Elles ne peuvent atteindre que des profondeurs comparativement assez faibles.

Une autre circonstance, qui explique encore pourquoi les géologues font très-peu de travaux qui leurs soient propres, c'est qu'ils n'en feraient jamais que de très-superficiels, comparativement à l'épaisseur du terrain, dont ils peuvent souvent acquérir la connaissance par d'autres genres d'observation. Ainsi il est assez douteux qu'il y ait jamais eu une seule mine de plus de 1000 mètres de profondeur. La plupart des mines ne pénètrent aujourd'hui qu'à 400 ou 500 mètres; profondeur très-petite, d'abord comparativement au rayon de la terre, qui est de 6,370,000 mètres, et même comparativement à l'épaisseur du terrain dont les observations faites à la surface nous dévoilent la composition.

Les géologues doivent donc uniquement compter sur les endroits où la surface de la terre est naturellement à découvert, et sur les excavations qui sont faites, dans les contrées qu'ils visitent, pour des motifs ordinaires d'utilité. Ces dernières, quoique destinées à appliquer la science plutôt qu'à l'étendre, offrent souvent des occasions importantes à saisir, et on peut citer des travaux d'exploitation qui ont donné des résultats très-utiles pour la géologie. J'aurai souvent à vous citer des observations faites dans les mines, et je vous détaillerai plus tard celles que l'on peut faire lorsqu'on en trouve d'ouvertes.

CINQUIÈME LEÇON.

(23 décembre 1843.)

Observations relatives à la surface même du sol.

Messieurs,

Nous avons vu que le géologue trouve de nombreux moyens d'observation dans les excavations faites pour exploiter les substances minérales; cependant il ne faut pas trop se presser de descendre dans les carrières ou dans les mines pour observer l'intérieur du sol; souvent la surface présente des sujets d'observation très-intéressants. Observations relatives à la surface même du sol.

La terre végétale, en couvrant les roches en place, contrarie souvent les recherches des géologues; mais la terre végétale est elle-même un sujet d'observations géologiques.

Les végétaux, et même les monuments élevés par les hommes, cachent à leur tour la terre végétale; mais ils présentent de leur côté au géologue des faits très-dignes d'attention.

Si d'une part le géologue est extrêmement gêné par la terre végétale, par la végétation, par les forêts, par les moissons qui couvrent le sol, de l'autre, tous ces objets donnent lieu pour lui à une première série d'observations comparatives, auxquelles les moindres

excavations sur les routes, les fossés, les trous pour planter des arbres, les sillons mêmes, peuvent servir.

La surface du sol présente trois ou quatre assises distinctes. Il y a d'abord la terre végétale; puis d'autres couches de matières incohérentes, qu'on appelle matières meubles et qu'on confond souvent, mais à tort, avec la terre végétale; puis, au-dessous il y a des roches plus ou moins solides, qui sont elles-mêmes fréquemment décomposées près de leur surface. Cela se voit surtout quand il n'y a pas de terre végétale, pas de matériaux meubles dessus; enfin il y a les roches vives en place : cela forme pour ainsi dire, comme l'épiderme, la peau et l'ossature de la terre.

Les roches vives en place sont l'objet principal des études des géologues, ce qui n'empêche pas que cette peau, cette enveloppe extérieure qui les recouvre, ne soit un premier sujet d'observations.

Ces observations n'exigent presque aucune étude préalable.

On pourrait également placer ces observations au commencement ou à la fin du cours; mais comme elles se rapportent à des choses qui frappent de prime abord, je les ai placées au commencement, d'autant plus volontiers qu'elles ne supposent presque pas de notions relatives à la composition des minéraux ni des roches, ce qui me permet de les aborder sans aucune espèce de préambule. Je n'aurai besoin de m'appuyer en rien, pour ces objets, sur la composition des éléments de l'écorce terrestre, composition dont l'étude, toujours un peu minutieuse aux yeux des personnes qui n'y sont pas encore préparées, pourra être renvoyée sans inconvénient à une époque ultérieure.

Nous nous occuperons donc d'abord de la terre végétale, des matériaux meubles, du sol et du sous-sol, et des effets de la décomposition des roches. Il y a là un groupe d'observations qui présentent de l'intérêt et qui peuvent servir d'introduction à beaucoup de considérations relatives à l'étude des roches vives en place.

Quant à la terre végétale proprement dite, on remarque aisément qu'elle se compose ordinairement de trois ou quatre éléments distincts : on en a la preuve chaque jour sous les yeux. De la terre végétale.

Toutes les fois que le terrain est sec, que la végétation n'est pas très-active, le vent en entraîne une partie sous forme de *poussière*. Au bout d'un seul jour les meubles et le plancher d'un appartement sont couverts de poussière. Cela a lieu aussi en plein air, à moins que le vent n'emporte la poussière au fur et à mesure. Quand il y a de l'herbe, la poussière va s'y loger. Dans le laps seulement de quelques années ou de quelques siècles il doit tomber beaucoup de poussière sur chaque point du sol : il est vrai que le vent en emporte beaucoup à son tour. Chaque point du sol est donc pour ainsi dire en compte courant avec l'atmosphère, qui apporte et emporte de la poussière. Éléments qui la composent. Poussière.

Il en est de même par rapport aux eaux qui ruissèlent à la surface. Vous voyez que les eaux qui coulent après la pluie sur la surface du sol, pourvu que cette surface ne soit pas un plan exactement horizontal, sont troubles, et couvrent d'un *limon*, qu'elles ont enlevé ailleurs, les endroits où elles déposent. Limon.

Roches désagrégées.

Voilà deux éléments qui s'accumulent sur le sol, ou qui en sont enlevés. La terre végétale résulte en partie du remaniement continuel de ces deux éléments. La décomposition ou la *désagrégation des roches* sur lesquelles la terre végétale repose, peut lui fournir également son tribut.

Terreau.

Enfin la végétation contribue aussi à sa formation. Les dépouilles des parties extérieures des végétaux qui, en mourant, tombent sur la surface du sol, et leurs racines qui meurent dans le sol même, tous ces débris forment l'humus, qui entre en plus ou moins grande quantité dans la composition de la terre végétale : c'est là ce qui la noircit. La terre végétale se compose de matières analogues à celles des roches ; elle serait généralement blanchâtre, comme le sont la plupart des roches pulvérisées, si elle n'était colorée par une substance qu'on appelle l'humus ou le terreau.

Ces différentes matières entrent en général dans la composition d'un sol quelconque. Dans une terre végétale, qui n'est pas très-épaisse, comme c'est le cas ordinaire, elles se trouvent dans une proportion variable; mais chacune d'elles est susceptible, dans certaines localités, de prendre un très-grand développement.

Cas où l'une de ces matières prédomine.

Ainsi la poussière, dont je parlais tout à l'heure, devient quelquefois un phénomène très-considérable; on en voit un exemple dans les déserts où le sable est agité par le vent. Il en est de même sur les dunes au bord de la mer.

Déserts de sable.

Dépôts des rivières.

Il y a des localités où le limon charrié par les eaux est en très-grande abondance; alors la terre végétale s'accroît très-rapidement. C'est le cas de

l'Égypte, de tous les fonds de vallée, de tous les *delta* de rivières dans lesquels les eaux débordent souvent, et fertilisent le pays en accroissant la terre végétale.

Dans certains endroits les racines, et même les tiges des végétaux, s'accumulent avec une très-grande facilité, et produisent de la tourbe : c'est là la limite extrême de l'abondance du terreau. Tourbes.

Vous voyez que l'étude complète de la terre végétale comprendra l'étude des *déserts de sable*, qui sont les endroits où le phénomène de la poussière domine sur tous les autres, et celle des *alluvions* qui se déposent dans les vallées. Nous aurons aussi à étudier les résultats de la décomposition des roches; et là où la production de l'humus devient monstrueuse et domine tout le reste, nous aurons les *tourbières*.

Voilà quatre séries d'observations qui se rattachent à l'étude de la terre végétale. L'étude complète de la terre végétale n'est que l'étude réunie de ces quatre phénomènes. Quatre séries d'observations comprises dans l'étude de la terre végétale.

Un autre élément cependant, mais bien plus restreint, de la terre végétale, ce sont les matériaux qui s'éboulent des escarpements des montagnes; ils font partie des matériaux meubles existant à la surface de la terre. Certains éboulements se renouvellent et changent tous les ans la surface de la terre dans le point où ils tombent : ce phénomène appartient à l'étude de la pellicule extérieure du globe. Il faut y joindre l'étude des éboulements,

Nous aurons à nous occuper aussi de l'étude des neiges perpétuelles et des glaciers, qui opèrent des transports assez considérables de matières meubles, et l'étude des glaciers.

et dont les effets sous ce rapport viennent se placer à la suite des effets des vents et des eaux courantes.

J'aurai à vous développer tout ce qui se rapporte à ces objets; mais auparavant je m'occuperai d'observations relatives à la terre végétale considérée dans les endroits tout à fait ordinaires, dans les points où n'existent pas ces circonstances particulières et en quelque sorte monstrueuses, qui permettent d'étudier d'une manière isolée l'un de ses éléments.

La terre végétale ordinaire, mélange des différents éléments que je viens de signaler, n'offre pas, au premier abord, de choses bien particulières à remarquer. Il y a des observations à faire relativement à son influence sur la fertilité, point sur lequel je reviendrai; mais relativement à sa nature, il n'y a rien de bien frappant à observer. A cause de cela les géologues l'ont quelquefois traitée avec une sorte de dédain comme une matière produite très-récemment et qui méritait peu d'attention. Vous allez voir que c'est une véritable injustice qu'on lui fait; que la terre végétale est au contraire une assise très-ancienne, sur laquelle les phénomènes d'accroissement et de diminution, quoique manifestes, agissent très-lentement, ou en se compensant d'une manière presque rigoureuse. Vous verrez qu'en elle-même la couche très-mince de la terre végétale est un monument d'une haute antiquité, et, par le fait de sa permanence, un objet digne d'occuper le géologue, et capable de lui fournir des remarques intéressantes.

Permanence remarquable de la terre végétale.

Les premières sur lesquelles j'attirerai votre attention sont relatives aux rapports de la terre végétale

avec quelques monuments humains. Les monuments humains sont une des premières choses qui donnent lieu à des observations positives de la part du géologue.

Ces observations sont en elles-mêmes fort curieuses, fort importantes, lorsqu'il s'agit de monuments qui ont 1000 ou 2000 ans de durée; et si leur surface n'est pas dégradée, si les inscriptions qui y sont gravées depuis tant de siècles, sont conservées, on y trouve la preuve que certaines parties de l'écorce du globe ont pu conserver leur surface presque intacte pendant longtemps. Cela n'a pas lieu pour toute espèce de monuments : il y en a qui, comparativement, se dégradent plus ou moins rapidement. Voilà un premier genre d'observations, auquel l'étude des monuments humains peut s'appliquer.

Mais en les considérant même indépendamment de leur propre conservation, ces monuments sont la preuve que la surface du sol et la terre végétale ne subissent que très-peu de modifications.

Le sol de quelques villes s'est élevé.

Il y a certainement des villes où la surface du sol a changé d'une manière sensible, où elle s'est élevée notablement. Ainsi dans la partie centrale et la plus ancienne de Paris, quand on creuse pour faire des égouts ou des fondations de maisons, on ne trouve le sol originaire qu'à une certaine profondeur. Le sol de l'époque romaine est à une profondeur plus ou moins grande au-dessous du sol actuel. Il serait impossible qu'il n'en fût pas ainsi; tous les jours, depuis les Romains, on a charrié des matériaux vers Paris pour y bâtir des maisons, et on n'a emporté au dehors de Paris que très-peu de

Paris.

déblais : ils y demeurent et ils servent à y élever le sol. Pour une voiture de matériaux qui en sort, on y en fait entrer cent.

Rome.

Il en est de même à Rome, où les monuments de l'ancien *Forum* sont enfouis à des profondeurs assez considérables, et n'ont pu être mis à découvert que par des excavations de plusieurs mètres.

Dans d'autres villes le niveau du sol n'a pas changé sensiblement.

Il serait cependant inexact de conclure de là, comme l'ont fait quelques personnes, que le sol en général, ou même seulement le sol des villes, change beaucoup avec le temps : cela est vrai dans beaucoup de lieux; mais cela n'est pas vrai en général. Il y a même des villes où l'on voit que les circonstances dont nous parlons ont produit extrêmement peu d'effet. Je citerai par exemple la ville de Strasbourg. Cette ville, qui existait déjà du temps des Romains, est placée dans un terrain très-bas et très-uni, au bord d'une rivière (l'Ill); par conséquent, à moins que le niveau de la rivière n'ait changé, ce que rien ne conduit à supposer, le sol n'a pu s'élever que très-peu; car cela supposerait que les anciens habitants ont bâti au-dessous du niveau des eaux.

Strasbourg.

Lyon.

Il en est de même à Lyon. Il y a des endroits dans cette ville où l'on trouve le sol à une certaine profondeur au-dessous du sol actuel; mais cela n'a lieu que dans des parties très-anciennes et situées, en général, au pied de pentes rapides, où les décombres et les terres remuées ont pu être facilement entraînés par les eaux. L'ensemble de la ville est dans un terrain très-bas, et ne pourrait être situé plus bas par rapport au Rhône et à la Saône, ce qui prouve qu'il ne s'est pas élevé, à moins que le niveau des rivières

n'ait changé d'une quantité égale. Il y a eu des changements à Lyon dans les contours du terrain, parce que la presqu'île de Perrache, qui fait presque partie de la ville de Lyon, s'est considérablement allongée. Cette pointe va même continuellement en s'allongeant; mais la surface du sol de la ville ancienne a très-peu changé, et n'a changé absolument que par des remblais opérés ou favorisés par les travaux des hommes.

Près de Soleure, en Suisse, on trouve des constructions romaines à une très-petite hauteur au-dessus du niveau de l'Aar, ce qui prouve clairement que cette rivière ne s'est pas abaissée. Comme un peu au-dessous de Soleure elle coule sur des rochers qui n'ont pu s'exhausser, il est également clair qu'elle ne s'est pas élevée depuis l'époque romaine. D'après cela le sol de la plaine de Soleure ne doit avoir subi lui-même depuis les Romains aucun changement sensible. Soleure.

Une foule de monuments prouvent ainsi que le niveau du sol des vallées et celui des rivières ont très-peu changé. On trouve en beaucoup d'endroits des ponts bâtis par les Romains, et on ne voit pas que les eaux viennent choquer la partie supérieure de leurs arches, qu'elles en approchent de plus près qu'à l'époque de la construction; on ne voit pas non plus que le bas des piles soit déchaussé. Les eaux passent encore à la hauteur pour laquelle ces ponts ont été construits, ce qui prouve que depuis leur construction le lit des rivières n'a pas changé. Permanence du niveau des vallées. Ponts romains.

M. de Gasparin a constaté pour le Rhône une série de faits de ce genre, que leur rapprochement Permanence du lit du Rhône.

mutuel rend encore plus frappants. « Il n'est pas douteux, remarque M. de Gasparin, que le lit du Rhône, qui s'est beaucoup prolongé dans les temps historiques depuis Arles jusqu'à la mer, n'ait subi par cela même un certain exhaussement dans sa partie supérieure; mais cet effet est bien léger, et ne s'est fait sentir qu'au-dessous de cette ville. En effet, nous trouvons d'abord qu'à Arles même on a découvert, sur le fond actuel du fleuve, les tuyaux de plomb qui conduisaient du temps des Romains les eaux de la ville à son faubourg, dans l'île de Camargue. Le Rhône ne parvient qu'en débordant au niveau des fossés du château de Tarascon, taillés dans le roc dans des temps déjà anciens; si le lit s'était exhaussé, il y séjournerait habituellement. Les piles du pont Saint-Bénezet, à Avignon, ne paraissent pas avoir été enterrées; on découvre encore le pied des arches. Le pont Saint-Esprit, construit, comme le précédent, pendant le 14.e siècle, passe, près de la ville, sur le lit des rochers qui lui a servi de base il y a cinq cents ans. Les roches du bourg Saint-Andéol n'ont pas été recouvertes par les atterrissements, et présentent toujours les mêmes dangers qu'autrefois. Les piles du pont romain à Vienne dominent toujours le fond du fleuve. Enfin, à Lyon, on a trouvé dans le lit de la Saône les pieds d'une statue antique de bronze, qui y avait été jetée probablement lors des irruptions des barbares. Tous ces faits concourent à prouver que le régime du fleuve est établi depuis un temps immémorial. »[1]

1. De Gasparin, Mémoires sur les débordements du Rhône. (Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences; tome XVIII, page 104.)

Les faits que je viens de citer sont plutôt relatifs à l'ensemble du sol d'une vallée qu'à la terre végétale proprement dite. Je reviens à cette dernière. Il existe une foule de monuments dont l'existence est directement en rapport avec cette couche superficielle; tels sont, par exemple, divers monuments cyclopéens, et surtout les pierres druidiques, qui y sont simplement implantées et dont la conservation est une preuve de la permanence de la surface de la terre végétale elle-même. Je me bornerai à vous citer quelques exemples de pierres druidiques. Ils me paraissent à eux seuls extrêmement frappants.

Monuments qui attestent la permanence de la surface de la terre végétale.

On distingue deux espèces principales de pierres druidiques, les *men-hir* et les *dol-men*. Les premières, qu'on désigne vulgairement sous le nom de *pierres-levées*, sont les plus répandues : ce sont des pierres brutes, allongées, souvent plates, qui sont dressées verticalement. Ces pierres ne sont pas placées sur des fondations, elles sont implantées simplement dans la terre végétale. L'époque de la plantation de la plupart d'entre elles doit remonter à des temps antérieurs à l'invasion de César dans les Gaules. Un grand nombre sont tombées, d'autres ont été renversées artificiellement, et même employées comme pierres de construction. Ce sont les pierres restées debout qui doivent fixer notre attention. Si la surface de la terre végétale s'était abaissée depuis l'époque des druides, ces *men-hir* auraient été déchaussés; si cette surface s'était élevée, leur base aurait été enfouie d'une manière considérable. Or, ils y sont implantés tout juste de manière à ne pas tomber.

Pierres druidiques.

Men-hir.

On en trouve un grand nombre dans toute l'Europe occidentale.

Ces *men-hir* ou pierres levées sont probablement des monuments religieux ou funéraires. On en compterait plusieurs milliers sur la surface de la France; il en existe dans toute l'Europe occidentale et même dans l'empire de Maroc. Les Iles britanniques, la Norwège, la Laponie en possèdent un grand nombre. Dans le nord elles sont connues sous le nom de *pierres runiques*. On compte en Suède environ 1300 pierres runiques élevées à la mémoire des morts.[1]

Ils sont quelquefois réunis par groupes.

Quelquefois les *men-hir* sont réunis par groupes et forment des assemblages plus ou moins considérables; on peut citer particulièrement en Bretagne le groupe de Camaret, dans la presqu'île de Crozon, près de la rade de Brest; celui de la lande de Rochefort, dans le département du Morbihan, et ceux de Carnac, près d'Auray, dans le même département.

Carnac.

Je me bornerai à vous décrire succinctement ces derniers. La lande de Carnac présente sur sa surface ondulée deux réunions principales de *men-hir*. L'une se trouve dans la partie basse. Les pierres sont ici très-rapprochées; elles sont rangées comme des allées d'arbres et alignées vers l'E. 20 à 25° N., c'est-à-dire à peu près vers le levant d'été. Il y en a 8 rangs, et chaque rang est de 24 pierres; il y en a donc en tout 192. Quelques-unes sont tombées, ou ont été renversées exprès; mais il y a 192 places.

Le second monument, formé de pierres plus grandes que le premier, est placé sur une petite éminence. Les pierres sont encore alignées à l'E. 20

1. Lemoine, Abrégé de l'histoire de Suède, tome I.er, page 18.

à 25° N. Il y en a 11 rangs, et dans chaque rang 15 pierres; ensemble 165. Une partie de ces pierres sont renversées et plusieurs ont été exploitées; mais la plupart sont restées en place. Quelques-unes de ces dernières sont vraiment énormes. Il y en a qui s'élèvent à 6 ou 7 mètres au-dessus du sol, qui ont 4 mètres de largeur sur 6 mètres d'épaisseur. On a calculé qu'elles devaient peser 125,000 kilogr. Les deux monuments de Carnac renfermaient ainsi en tout 357 pierres, sans compter les *men-hir* et les *dol-men* répandus sur la même lande.

La réunion de pierres druidiques qui existe sur la lande de Rochefort, située également dans le département du Morbihan, n'est pas moins considérable que celles de Carnac.

Men-hir très-élevés.

Les pierres de ces monuments ne sont pas les *men-hir* les plus élevés. Je vous les ai cités parce qu'ils sont très-nombreux. On cite de ces pierres levées qui ont jusqu'à 13 à 16 mètres de hauteur : il y en a de cette dimension près de Brest, à Plougastel. Il y en avait une à Loch-Maria-Ker de 16 mètres de haut, qui a été brisée par la foudre il y a quelques années.

Ces monuments sont remarquables par la grande dépense de force mécanique qu'ils ont exigée.

On demeure frappé d'étonnement lorsqu'on réfléchit à la quantité de force mécanique qui a dû être dépensée pour réunir et pour dresser les éléments de pareils monuments à une époque où, sans doute, on n'avait pas de machines très-perfectionnées, et où il était fort difficile de transporter d'aussi énormes poids. Cependant la chose a été possible, et nos aïeux, les Celtes, ont élevé à Carnac et sur la lande de Rochefort des monuments qui ne sont pas moins remarquables dans leur genre que les pyra-

mides d'Égypte. Malheureusement ils n'ont pas toujours été aussi respectés.

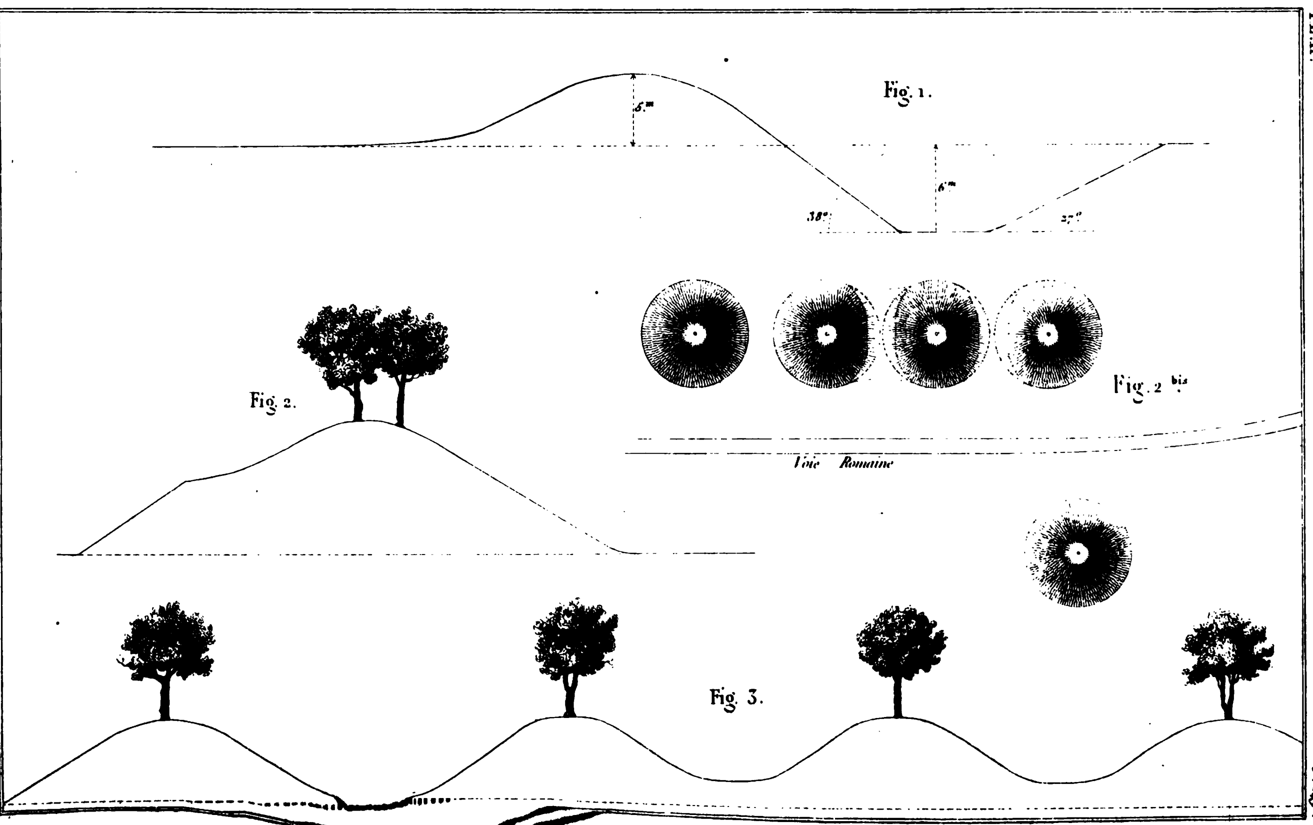
Au point de vue purement géologique ces monuments nous attestent la grande permanence du niveau du sol de ces contrées. Sa surface est restée pendant vingt siècles sans changement sensible. Ce résultat est surtout bien frappant pour quelques-unes de ces pierres qui sont placées sur les côtes de Bretagne dans une position remarquable. Une petite île appelée *Quemenès*, située entre la pointe de la Bretagne et l'île d'Ouessant, renferme trois *men-hir*. Cette île, trop petite pour être cultivée, n'a guère que 10 mètres au-dessus de la mer; elle est aussi exposée que possible à la fureur des éléments. Or, les trois *men-hir* encore debout montrent non-seulement que l'action de la pluie n'a pas agi sensiblement sur la terre végétale, mais encore qu'aucune cause considérable n'a troublé la surface de cette île depuis 2000 ans. Il est évident, par exemple, que pendant tout cet intervalle la mer n'est pas sortie de son lit; que ses eaux n'ont éprouvé sur les côte de Bretagne aucun mouvement considérable; ca elles auraient passé par-dessus l'île et auraient renversé les *men-hir*.

Men-hir de Quemenès.

Ils attestent la stabilité de l'Océan.

Les *dol-men* montrent la permanence du nivea de la terre végétale d'une manière encore pl claire, s'il est possible, que les *men-hir* : ils o une autre forme que ces derniers. Ils se compose essentiellement d'une très-grande pierre plate p cée sur deux autres, plantées verticalement; c' comme une espèce de banc de pierre, mais él d'un à deux mètres au-dessus de la surface du

Les *dol-men* attestent plus clairement encore la permanence du niveau du sol.



Gravé par les F.res Avril. Lith. de Kaeppelin

Très-souvent il y a une autre pierre plate, plus petite, placée entre les deux pierres verticales : cette dernière est fréquemment au niveau de la surface *actuelle* du sol. Il est infiniment probable que dans l'origine elle a servi à paver le sol, peut-être pour y faire des sacrifices. On sait que les Druides faisaient des sacrifices humains; il est probable que, pour quelque cérémonie de cette sorte, on aura voulu paver le dessous des *dol-men*. Lorsque cette pierre inférieure, qui forme comme le seuil du monument, se trouve de niveau avec le sol extérieur, tout porte à croire que ce dernier niveau n'a pas éprouvé de variation sensible.

Ils en donnent la preuve même sur des pentes.

Les *dol-men* fournissent des preuves de cette fixité de niveau non-seulement pour des terrains horizontaux, mais encore pour des terrains inclinés; témoin le *dol-men* du cap de la Chèvre, à l'entrée de la baie de Douarnenez : il est placé au haut de la falaise de Morgat, à la partie supérieure d'une déclivité exposée à toute la fureur de l'atmosphère maritime.

Les *monuments en terre* démontrent encore mieux la permanence de la surface du sol.

Mais on peut citer des monuments encore plus irrécusables de la faiblesse des dégradations qu'éprouve la terre végétale couverte de gazon; ce sont ceux qui sont formés de terre ou de matériaux terreux, et qui se conservent, à très-peu près, dans leur forme première, quoique leur surface soit inclinée.

Camp d'Attila.

Je décrirai seulement quelques exemples des plus faciles à vérifier : le premier sera le camp d'Attila situé en Champagne, dans le département de la Marne. Vous savez qu'Attila, roi des Huns, après

avoir traversé en vainqueur une grande partie de l'Europe, fut défait en Champagne par Mérovée en l'an 451, il y a près de 1400 ans. Il avait établi son camp à peu de distance de l'endroit occupé aujourd'hui par la petite ville de *la Cheppe*. Ce camp, où il paraît qu'il séjourna quelque temps, est une enceinte à peu près quadrangulaire, de 300 à 500 mètres de diamètre. Il se trouve sur un terrain crayeux, faiblement incliné, sur le bord d'une petite rivière.

Profil du fossé et du retranchement.

Il y a un fossé à l'entour, et dans l'intérieur un champ actuellement cultivé. La pente du côté extérieur du fossé est de 27 degrés; celle du côté intérieur est de 38 degrés. Le fossé, dont la figure 1.re, planche II, représente le profil, a environ 6 mètres de profondeur et 6 mètres de largeur dans le fond, le remblai formé au haut du côté intérieur a 5 mètres de hauteur. On conçoit très-bien les raisons de toute cette disposition. Il fallait que les Huns, enfermés dans le camp, pussent sortir en masse avec facilité. C'est pour cela que la pente du côté intérieur du fossé est assez rapide, et celle du côté extérieur beaucoup plus douce. Pour sortir du camp on se précipitait avec rapidité sur la première, et on pouvait monter sans beaucoup de difficulté sur la seconde. L'angle du fossé à la base du flanc extérieur est adouci, l'autre est très-aigu. Si on voulait entrer dans le camp, on trouvait une pente très-douce à descendre, mais ensuite une pente très-rapide à monter. Il était très-facile à des soldats placés au haut du retranchement, d'arrêter ceux qui auraient voulu monter sur sa pente.

Faiblesse des dégradations.

On voit quelques traces de dégradations dans les talus du retranchement qui couronne le flanc intérieur du fossé : elles consistent surtout dans les impressions produites là, comme sur une foule de montagnes, par les pieds des bestiaux qui se promènent horizontalement en paissant le long des talus. On ne sait pas depuis combien de temps existent ces sentiers horizontaux. On observe d'autres parties, où le gazon a été enlevé et la surface entamée. Nous ignorons l'époque à laquelle cet état de choses particulier remonte, et combien de temps il a fallu pour que la faible quantité de terre enlevée par ces excoriations superficielles ait été entraînée dans le champ situé dans l'intérieur du camp, qu'elle a dû légèrement élever. Ce champ est labouré, et par suite la terre s'y trouve un peu plus relevée vers les extrémités des sillons qui aboutissent au pied du retranchement. Cette élévation est absolument semblable à celle que l'on voit très-souvent dans la campagne au point de réunion de deux champs, à l'endroit où les sillons se terminent. Depuis 1400 ans qu'on laboure peut-être l'intérieur du camp, la charrue a dû transporter la terre vers les deux extrémités. On ne peut donc attribuer qu'une petite partie de la légère élévation que le champ présente vers ses bords à la terre qui aurait été entraînée des flancs du rempart qui l'entoure.

On ne voit réellement pas en quoi ces terrassements, exécutés dans une terre végétale peu épaisse, et dans la craie qui la supporte, ont changé depuis l'époque où ils ont été exécutés. Les nuances les plus légères dans les profils des fossés se sont conservées

pendant 1400 ans à tel point que la différence des pentes est restée sensible entre les deux côtés d'une manière complétement régulière : tout à l'entour du camp le côté du fossé dont la base est arrondie est celui sur lequel il a dû se faire le moins d'éboulements, en raison de ce qu'il avait reçu une pente adoucie, qui donnait la facilité de monter pour arriver à l'extérieur, et cet arrondissement de l'un des deux angles a lui-même été ménagé à dessin dans la construction de l'ouvrage.

Ce retranchement n'a donc subi presque aucun changement. Il est établi près d'un petit ruisseau, et on a dû faire le fossé plus large et le remblai de terre plus élevé dans la partie qui aboutit à ce ruisseau, afin que le rempart total fût de la même hauteur. Dans la partie qui avoisine ce ruisseau il s'est produit au fond du fossé un peu de tourbe; mais les endroits occupés et aplanis par la tourbe ne sont pas plus réguliers que les autres, tant ceux-ci sont peu dégradés.

Si ce camp remontait seulement à 30 ou à 50 ans, il frapperait déjà par sa belle conservation.

Quand on voit ce retranchement, on est tellement frappé de sa belle conservation que, si on pouvait supposer qu'il remonte seulement aux événements de 1815, ou à l'invasion des Prussiens en 1792, on le trouverait déjà remarquable par son air de fraîcheur; on serait surpris de n'y voir que de si faibles dégradations. Mais, d'abord, ce retranchement est tracé, tel qu'il est aujourd'hui, sur la carte de Cassini, publiée vers 1760. D'un autre côté, on a fait des fouilles dans l'emplacement du camp, et on y a trouvé des monnaies, des restes d'armures qui appartiennent aux premières époques de la monarchie

Il remonte aux premiers siècles de la monarchie française.

française : ainsi il n'y a pas de doute que ce camp ne remonte à une époque très-reculée. Si la tradition qui l'attribue à Attila était erronée, il daterait toujours à une époque extrêmement ancienne.

Camp de César près de Dieppe.

Il y a beaucoup d'autres camps de ce genre sur la surface de la France. On en remarque un près de Dieppe, qu'on appelle le *camp de César :* il est placé au haut de la falaise, à près de 100 mètres au-dessus de la mer, sur un terrain horizontal couvert de gazon. Une petite vallée, qui interrompt le plateau et la falaise, forme un cap, dont l'entrée est coupée par un retranchement analogue à celui du camp d'Attila. Le fossé aboutit d'un côté au haut de la falaise, et de l'autre il vient se joindre avec le vallon. La terre relevée en dedans constitue le retranchement, qui est assez considérable. Il est coupé par l'escarpement de la falaise, qui, en s'éboulant peu à peu, entraîne dans sa ruine l'extrémité du fossé et du retranchement ; de sorte qu'on voit ici le contraste d'une masse immense qui se dégrade rapidement par l'action de la mer, et d'une construction bien plus frêle en apparence, qui se conserve parfaitement. Ce camp se rapporte à l'époque romaine ; il a plus de 1500 et peut-être plus de 1800 ans.

Circonvallations de la plaine de Salisbury et de Tara-Hill.

Je cite ces deux camps, parce que j'ai été vivement frappé de leur belle conservation lorsque je les ai visités. Je pourrais multiplier beaucoup les exemples du même genre ; ils sont pour ainsi dire innombrables. Il y a en France peu de départements où on ne montre un *camp de César.* Je me bornerai à mentionner encore les circonvallations de la plaine

de Salisbury, dans le Wiltshire (en Angleterre)[1], et celles de *Tara-Hill*, dans le comté de Meath, en Irlande. Cette colline, qui a été célébrée par les auteurs nationaux et étrangers comme la principale résidence des monarques irlandais, depuis les premiers temps de leur histoire jusque vers l'an 563 de l'ère chrétienne, présente plusieurs groupes de circonvallations concentriques. Il s'y trouvait aussi des constructions en pierres, et le tout a été un objet de controverse de la part des antiquaires. Dernièrement on en a complétement restauré le plan.[2]

Des tumulus. Les camps, les retranchements ne sont pas les seuls *monuments en terre* qui se soient conservés pendant des milliers d'années d'une manière surprenante. Il existe une autre classe de monuments, bien plus nombreux, qui sont connus sous le nom de *tumulus*. Ce sont des dômes qui s'élèvent sur la surface du sol. Ils ont probablement servi de sépulture; on y a souvent trouvé des ossements, des armures, des urnes funéraires, etc. Ils remontent à l'époque romaine ou gauloise. Tous les tumulus, à la vérité, ne sont pas en terre. On en cite qui sont composés de pierres amoncelées. Dans les bruyères de la Westphalie, où Varus perdit ses légions, bruyères dont le sol, appelé *geest*, est formé de sable mêlé de cailloux roulés et de quelques blocs erra-

1. Voyez à ce sujet les remarques de M. le professeur Silliman dans *Transactions of the association of american geologists and naturalists*; tome I.er, page 47.

2. G. Petrie, *On the history and antiquities of Tara-Hill. Transactions of the royal irish academy*; vol. XVIII, part. II, page 25 (1839).

tiques, on en rencontre souvent de tels; j'en citerai un seul exemple, dont j'emprunte la description à Deluc.

Tumulus de pierres.

Sur les bruyères (la geest) des environs de Bremervörde (*düvels-moor*) on voit des *tumulus de pierres*. Il y a d'ordinaire un grand monceau de pierres accompagné de moindres monceaux. Le grand monceau paraît avoir servi uniquement à quelque cérémonie religieuse; il ne contient point d'urnes; mais il y en a une dans chacun des petits.[1]

Tumulus de terre.

Leur belle conservation

Ces tumulus de pierres fournissent, relativement à la permanence du niveau du sol des bruyères, un témoignage presque semblable à celui des *menhir* et des *dol-men;* mais ce sont surtout les *tumulus de terre* sur lesquels je désire fixer votre attention; ce sont les plus nombreux et les plus grands : ils se sont conservés d'une manière étonnante. On en trouve dans toute la France, et même dans toute l'Europe et dans le nord de l'Asie et de l'Amérique.

Dans une partie du nord de la France et de la Belgique la terre végétale est assez épaisse, et on trouve encore au-dessous une assise terreuse qu'on a souvent confondue avec elle, mais qu'il est convenable d'en distinguer sous le nom de *limon*. Un grand nombre de tumulus ont été formés avec ces matières terreuses; je vais vous donner d'abord la description de l'un d'eux : celui qu'on appelle la *tombe de Saive*, près de Waremme, entre Bruxelles et Liège.

La tombe de Saive.

La tombe de *Saive* s'élève sur un terrain à peu près plat; la figure 2, pl. II, représente son profil.

1. Deluc, Lettres à la reine d'Angleterre, tome V, page 171.

Elle a 36 mètres de largeur sur 8 ou 10 mètres de hauteur. Elle présente quelques anfractuosités; mais dans les endroits où le gazon existe, elle a conservé sa forme primitive. S'il y avait eu des dégradations considérables, l'angle formé par la rencontre de cette pente avec le sol de la plaine, sur laquelle s'élève ce tumulus, se serait adouci : c'est ce qui n'a pas lieu. Dans la plus grande partie de la circonférence, le talus rapide de la tombe vient former un angle très-net avec la surface du sol. La pente est de 33 degrés. Sur la partie supérieure de la tombe il y a deux tilleuls, qui ne sont pas très-gros, mais qui, malgré leurs faibles dimensions sont probablement très-vieux.

Les cinq tombes d'Omal.

On pourrait citer de nombreux exemples de tumulus qui se trouvent exactement dans le même cas que la tombe de Saive. Les figures 2 *bis* et 3 de la planche II sont consacrées à un groupe de tumulus qu'on appelle *les cinq tombes d'Omal*. Elles sont situées aussi près de Waremme, et disposées régulièrement le long d'une ancienne voie romaine. Quatre sont placées en ligne droite le long de cette voie : la première est à 5 mètres de la seconde; les suivantes sont respectivement à 2 mètres de distance l'une de l'autre. La cinquième tombe est de l'autre côté de la voie romaine, comme un chef en avant de son bataillon : elle est un peu plus grande que les autres. Les premières ont chacune 6 mètres de hauteur. Entre les premières tombes, éloignées seulement de 2 mètres l'une de l'autre, il y a une élévation de 2 mètres au-dessus de la surface naturelle du sol; mais dans l'intervalle de 5 mètres, qui

existe entre l'avant-dernière et la dernière, il n'y a pas d'élévation sensible : sur chacune il y a un petit tilleul. Les angles des tombes sont un peu adoucis; c'est là la seule dégradation sensible qu'on y puisse remarquer. Il peut se faire aussi que l'élévation de deux mètres qu'on remarque entre les tombes les plus rapprochées soit due en partie à la terre tombée de leurs flancs; mais la chose n'est pas évidente.

La voie romaine, dont on voit une coupe près d'un petit ravin vers lequel elle descendait un peu, est construite très-artistement. On y observe quatre assises successives : la première, épaisse de 0,^{m}60, est formée de limon remanié; la seconde, de silex, de quartz blanc, de sable et de chaux : c'est la maçonnerie dont les Romains composaient ordinairement la surface de leurs routes; au-dessous il y a des silex, du quartz blanc et du sable, qui ne sont pas maçonnés; enfin, au-dessous du tout il y a un dernier lit formé seulement de silex. Voie romaine près de laquelle elles sont situées.

L'exacte conservation de cette voie romaine et d'une foule d'autres qui sont dans le même cas, n'a rien qui doive maintenant nous surprendre; car, si la pente inclinée des tombes s'est conservée, *à fortiori* la surface de la terre horizontale et tout ce qui s'y trouvait encastré.

Je ne vous cite en détail que deux exemples. On peut en ajouter par centaines, qui conduisent presque exactement au même résultat. On a signalé dans toutes les parties de l'Europe des tumulus qui remontent à 1200 ou 1800 ans.

En Suède, à quelque distance d'Upsal, on voit *Tumulus* cités en Suède.

encore un tertre qu'on appelle le *tombeau d'Ottar*, mort dans le 5.e siècle de l'ère chrétienne. En Westmanie on voit également un tertre considérable, nommé *tombeau d'Anud*. Anud périt dans le 7.e siècle de notre ère par l'effet d'une avalanche.[1]

Tumulus observés en Turquie.

D'après M. Boué « un des genres de monuments les plus fréquents en Turquie sont les *tumulus*, ou petites buttes coniques de terre (en turc *tefé*), dont la hauteur varie de 5 pieds à 30 et 40 pieds (de 1,m60 à 10 ou 13 mètres. Nous en avons remarqué (dit M. Boué dans son Voyage en Turquie) en beaucoup d'endroits, sans pouvoir observer aucune symétrie dans leur disposition, si ce n'est que quelquefois ils ont l'air d'avoir bordé les routes. Le plus souvent ils sont placés sans ordre, comme les monuments d'un cimetière; mais ils ne se trouvent que dans des plaines ou des vallées fort évasées, et n'abondent extraordinairement que dans ces premières, en indiquant par-là leur connexion avec le voisinage des grandes villes.

« Il y a une distinction à faire entre ces buttes artificielles: les unes, en général grandes, sont probablement des tombeaux; car cet usage paraît se retrouver dans plusieurs pays asiatiques, notamment dans l'Afghanistan et le pays de Lahore. Des monuments y sont quelquefois superposés; ce qui ne se voit point en Turquie. Les archéologues décideront s'ils sont dus aux hordes asiatiques qui ont envahi l'empire d'Orient, ou s'ils sont bien plus anciens, comme sembleraient l'indiquer ceux de la Troade.

1. Lemoine, Abrégé de l'histoire de Suède; t. I.er, p. 32 et 38.

« M. de Pouqueville cite des tumulus au pied du mont Gardiki, au sud de Janina, en Albanie.... On en connaît aussi sur le chemin allant à Larisse, ainsi qu'en Béotie, et près de Tyrinthe en Morée. »[1]

Tumulus de la Russie méridionale.

La Russie méridionale présente un grand nombre de tumulus; on en voit fréquemment dans l'Ukraine. Ils y portent le nom de *Kourganes* et sont placés ordinairement sur les lignes de faîte à peine sensibles qui divisent la steppe en bassins[2]. Ils sont surtout très-répandus dans le voisinage des anciennes villes grecques du Bosphore cimérien, où ils offrent d'autant plus d'intérêt pour notre objet actuel, que, suivant toute apparence, ils remontent à l'époque où fleurissaient ces villes, c'est-à-dire à plus de 2000 ans. Voici quelques-uns des nombreux passages que M. Dubois de Montpéreux a consacrés à ces tumulus dans son intéressant ouvrage intitulé *Voyage autour du Caucase :*

« Dans le trajet de Piatigorsk à Temrouk, au sortir des hautes montagnes (du Caucase), on se trouve sans transition dans une steppe immense, où rien ne récrée la vue.... Des *tumulus* en foule, qui masquent peut-être des trésors.... voilà tout ce que l'antiquité a laissé de traces sur cette route et tout ce qui rappelle la foule des peuples qui ont erré sur ces plaines, à commencer par les Méotes. »[3]

1. Boué, La Turquie d'Europe; tome II, page 349.
2. Léon Lalanne, Mémoire sur les terrains de la vallée du Donetz. (Annales des mines, 3.ᵉ série, tome XVI, page 529.)
3. F. Dubois de Montpéreux, Voyage autour du Caucase, tome V, page 4.

.... « En partant de Rachévatka, nous traversâmes un léger plateau avec quelques ravins tournés vers l'Egerlick. Il est couronné, comme les steppes de la petite Russie, de *tumulus,* qu'on compte par trentaines à la fois disséminés sur l'horizon[1]. Un peu plus loin on traverse le *Kouban,* puis on arrive à *Ekatérinadar.* Entre la *Kaukavskaïa* stanitse et la *Kauzanskaïa* je vis (dit M. Dubois) un grand groupe de tumulus au bord du Kouban. Ces tertres funéraires bordent le fleuve. Quelques-uns ont 30 pieds de haut (9 mètres), ils sont le plus souvent écrasés et adoptent de préférence la ligne des hauteurs. »[2]

.... « Entre Mitchatofskoï et Karakaubauskaïa reparaissent les groupes de tumulus.... »[3]

.... « En entrant dans l'archipel des bouches du Kouban, *Kourki* ou *Kourganskoï* est le premier point où l'on met le pied sur la Polynésie; quelques *tumulus* ou *kourgan,* semés autour de la station, lui ont donné son nom[4]. *Temrouk,* la première station, est à 25 verstes de Kourki, et la route traverse dans sa plus grande extension le long dos de l'île *Kaudaun,* couverte de beaux pâturages et élevée de 100 pieds (33 mètres) au plus au-dessus du niveau du limon. Les sommités sont couvertes de quelques petits tumulus semés sans ordre, et dans lesquels, au dire de M. Stéven, on n'a rien trouvé d'intéressant. »[5]

1. F. Dubois de Montpéreux, Voyage autour du Caucase, tome V, page 11.
2. *Idem ibid.*, page 14.
3. *Idem ibid.*, page 16.
4. *Idem ibid.*, page 23.
5. *Idem ibid.*, page 24.

Au delà se trouve une autre île, sur laquelle existait l'ancienne ville grecque de Tyrambé avec son port sur la mer d'Azof.... « Le fossé qui entourait l'*Acropolis* existe encore en partie et la séparait de ses nombreux *tumulus*, qui couvrent par centaines tout le sommet de l'île, jusqu'à 500 ou 600 pas de distance. Ils ont 6 à 7 pieds (2 mètres) de haut, à l'exception d'un seul, qui est au milieu, et qui est beaucoup plus grand.

Tumulus et autres monuments en terre qui s'y rattachent, près du Bosphore cimérien

« Ces *tumulus* seuls suffiraient pour prouver l'existence d'une ville milésienne, et nous verrons bientôt leur apparition liée à toutes les anciennes colonies du Bosphore cimérien; le nombre seul et la grandeur des tumulus décident de l'importance de la localité. L'île a 6 verstes de long, et se termine par une pente douce, sablonneuse, vers la station de Pérésippe. Le haut de cette pente est couronné derechef par deux grands *tumulus*, que De la Motraye appelle *adas Bournout* (pointes de l'île). »[1]

.... « A l'extrême bouche du Bosphore cimérien, sur un cap qui marque la frontière du Palus-Méotide, non loin du petit fort turc de *Kizlar*, abandonné, Pallas visita un fort carré, entouré de tumulus semés çà et là comme à l'ordinaire : il en a compté huit[2].... On voit d'autres ruines semblables au sud de la première, derrière Bouchoukoï, village abandonné[3]. Autour du fort sont plusieurs tumulus,

1. F. Dubois de Montpéreux, Voyage autour du Caucase; tome V, page 30 et 31.
2. Pallas, Voyage dans les gouvernements méridionaux; tome II, page 367, édit. franç.
3. Pallas, *loc. cit.*, page 366.

dont l'un, placé entre les deux petites baies de Bouchoukoï, offrit à Pallas une coupe complète de son intérieur. C'était le cimetière de toute une population; le bas du tumulus renfermait une foule d'urnes funéraires placées sans ordre les unes sur les autres; quelques-unes étaient gigantesques, formées d'argile rouge cuite et non vernissée. Des cases en pierres plates renfermaient aussi des cendres et des ossements. Pour les plus pauvres, les cendres avaient été simplement déposées sur une couche d'herbes marines, blanchies par le temps et recouvertes de terre. Ce tumulus est milésien et tout pareil à ce qu'on observe autour de Penticapée, sur la montagne de Mithridate, et près du tombeau des Pygmées. »

.... « Le hasard nous a conservé (près de là) des monuments qui me paraissent kimmériens, des *pierres levées*. Elles recouvrent au N. E. du village abandonné de Tchokrak-koï la plaine élevée ou plateau tapissé de magnifiques pâturages, qui forme le dos principal de l'île de l'E. à l'O. »[1]

Ce n'est pas seulement en Europe qu'on trouve des monuments en terre, le nord de l'Asie et l'intérieur du continent américain en présentent beaucoup de formes diverses.

La vallée de l'Ohio et celle du Mississipi offrent de nombreux *tumulus*, ou grands tertres élevés, suivant toute apparence, pour servir de sépultures, ainsi que d'immenses circonvallations en terre.[2]

1. F. Dubois de Montpéreux, Voyage autour du Caucase; tome V, page 44.

2. D. B. Warden, Recherches sur les antiquités de l'Amérique septentrionale.

Les *tumulus* du nord sont généralement plus petits que ceux du sud : les premiers n'ont que 3 à 4 mètres de diamètre sur 1 mètre à 1,m60 de hauteur ; les autres ont de 25 à 30 mètres de haut, et chacun d'eux couvre une surface de plusieurs hectares. Il existe presque vis-à-vis Saint-Louis, dans la vallée du Mississipi, un tumulus de 730 mètres de circonférence et de 30 mètres de hauteur. Le long du Mississipi et de ses affluents on en connaît au moins 3000, dont les plus petits n'ont pas moins de 30 mètres de diamètre.

Monuments en terre en diverses parties de l'Amérique.

Les circonvallations en terre sont si nombreuses dans les grandes plaines de l'intérieur de l'Amérique du nord, qu'on ne peut parcourir 30 kilomètres, surtout dans la grande vallée de l'Ohio, sans en rencontrer ; elles ont, avec des formes très-variées, de $\frac{1}{2}$ à 12 hectares d'étendue, et même beaucoup plus, et dans les fossés de quelques-unes d'entre elles on a signalé des arbres de plus de 600 ans. La circonvallation de Colerain, sur le grand Miami, a un contour irrégulier de 6 à 8 kilomètres, et a exigé un mouvement de terres de 480,730 mètres cubes[1]. Leur origine est couverte d'un voile épais. La race rouge actuelle n'a pas de traditions à ce sujet. Il en est de même à l'égard des retranchements en terre que M. d'Orbigny a observés dans les plaines des Chiquitos, au centre de l'Amérique méridionale. Mais si un jour on acquérait la certitude que des communications ont eu lieu entre le nord de l'Amérique et le nord de l'Asie, on trouverait moins étonnant

1. Locke, *Transactions of the association of american geologist and naturalists*; tome I.er, page 229.

que les retranchements construits en Champagne par les Huns soient une miniature ressemblante de ceux dont le sol américain est couvert.

Il est toujours certain qu'ils remontent tous à une haute antiquité, et que la conservation des monuments en terre est un phénomène extrêmement général. Chacun d'eux est comme un sceau que des générations de beaucoup antérieures à la nôtre semblent avoir pris soin de placer sur tel ou tel point de la surface du globe pour nous servir à reconnaître l'exacte conservation de la surface d'un sol couvert de végétation.

Il est vraisemblable que, dans le commencement, beaucoup de ces ouvrages en terre ne furent pas gazonnés. Il est possible cependant que les anciens les aient quelquefois revêtus de gazon. Vous voyez que l'on gazonne aujourd'hui, dans les ouvrages de fortification élevés autour de Paris, les parties construites en terre; on pourrait croire que cela est destiné à ne subsister que pendant quelques années, et qu'il faudra y retoucher sans cesse. Ce serait une erreur; les exemples dont nous venons de nous occuper prouvent que dans 1500 ans on ne s'apercevra presque pas du changement qui aura pu s'y produire, si toutefois on évite de leur donner un talus trop rapide.

Conservation des sillons et des fossés.

Au reste, il y a un autre genre d'observation, qui montre peut-être encore mieux combien la surface du sol change peu, et qui peut se faire beaucoup plus fréquemment que les observations relatives aux tumulus : ce sont les observations relatives aux sillons dont les traces subsistent sur des terres

abandonnées par l'agriculture, ou aux fossés qui les divisent. En parcourant un terrain qui est couvert de gazon, vous y remarquerez quelquefois des ondulations parallèles et allongées : ce sont d'anciens sillons qui, une fois ramenés à cet état, se conservent à peu près indéfiniment. J'ai eu occasion bien des fois, soit en Bretagne, soit en Espagne, où certaines parties du sol n'ont pas été cultivées depuis un grand nombre de siècles, de remarquer de ces traces d'anciens sillons parfaitement conservées. Ce résultat se conçoit aisément : quand la terre a été fraîchement labourée, qu'elle présente des angles dus à l'action de la charrue, ces angles disparaissent promptement : l'action du soleil et celle de la pluie se combinent pour les faire tomber; toutes les aspérités s'effacent, les angles s'émoussent, et le sillon prend une forme arrondie : le creux situé entre deux sillons se remplit lui-même en partie, de manière à ne présenter qu'une cavité arrondie, et la forme du sillon, ainsi réduite à ce qu'elle a de plus stable, subsiste presque sans altération pendant un laps de temps immense. La loi de ce phénomène est si facile à saisir, qu'on peut en donner par le calcul une image approximative très-simple; il ne s'agit que de faire la somme des termes d'une progression géométrique.

Calcul relatif à la loi que suivent les dégradations des inégalités du sol.

Lorsque les agents extérieurs exercent leur action sur des sillons pour les effacer, ils produisent, par les motifs que je viens d'expliquer, moins d'effet la seconde année que la première, moins la troisième que la seconde, moins la quatrième que la troisième, et ainsi de suite. Ces effets successifs sont donc en pro-

gression décroissante. Si cette progression était une *progression géométrique* (et elle en approche sans doute beaucoup) et qu'on en connût la *raison*, il serait facile de calculer la somme de ses termes. Cette somme donnerait la mesure de l'effet total produit au bout d'un temps indéfini.

Par exemple, si les effets produits la seconde année étaient la moitié de ceux produits pendant la première; si les effets produits pendant la troisième année étaient encore la moitié de ceux produits pendant la seconde, et ainsi de suite, l'effet total serait représenté par la somme des termes de la progression

$$1 : \tfrac{1}{2} : \tfrac{1}{4} : \tfrac{1}{16} \ldots$$

Cette somme est 2 : ainsi l'effet total produit au bout d'un temps indéfini ne serait que le double de l'effet produit au bout d'un an.

Si l'effet produit pendant la seconde année était égal aux $\frac{3}{4}$ de celui produit pendant la première, la progression serait

$$1 : \tfrac{3}{4} : \tfrac{9}{16} \ldots$$

progression dont la somme est $\frac{1}{1 - \frac{3}{4}} = 4$.

Si l'effet produit pendant la seconde année était égal aux $\frac{9}{10}$ de celui produit pendant la première, la progression serait

$$1 : \tfrac{9}{10} : \tfrac{81}{100} \ldots$$

progression dont la somme est $\frac{1}{1 - \frac{9}{10}} = 10$; c'est-à-dire qu'au bout d'un temps indéfini la somme des effets produits serait seulement dix fois aussi grande qu'au bout d'un an.

Or, quelque faible que soit cette limite, il est probable qu'elle n'est atteinte que bien rarement par les effets du genre de ceux que nous considérons; car il est sans doute fort rare que les effets produits la seconde année soient les $^9/_{10}$ de ceux produits pendant la première.

Pour se convaincre mieux encore de la justesse de cette réflexion, il suffit de remarquer qu'elle s'applique de même aux objets dont nous nous servons journellement.

Remarques analogues relatives aux objets que nous usons journellement.

Un livre relié se gâte beaucoup la première année où on s'en sert, un peu moins la seconde, moins encore la troisième; puis, quand il est parvenu à un certain état, qu'on caractérise vulgairement par le nom de *bouquin,* son usure annuelle est imperceptible.

La surface de la terre a été généralement plus ou moins usée dans toutes ses parties par l'effet des agents extérieurs; elle est parvenue généralement à un état comparable à celui de la reliure d'un *bouquin,* et c'est pour cela qu'elle se dégrade très-lentement.

Les dégradations ne sont constamment sensibles que dans les endroits qui sont perpétuellement remis au vif, comme les *falaises* au bord de la mer, les *berges des lits des torrents,* les points attaqués annuellement par les instruments aratoires, etc. Nous aurons dans la suite de nombreuses occasions de faire l'application de ces remarques.

La surface du sol ne se dégrade sensiblement que dans les endroits constamment *remis au vif.*

Les végétaux, en fixant par leurs racines la couche superficielle du terrain, ajoutent beaucoup à sa stabilité et facilitent sa conservation.

Les végétaux fournissent des preuves de la permanence de la surface du sol.

Ils fournissent aussi quelquefois des preuves frappantes de la conservation de surfaces qu'on croirait de nature à se dégrader rapidement. Je citerai d'abord comme exemple ces petites crêtes de terre qu'on forme le long des fossés en rejetant sur un de leurs côtés la terre qu'on en tire en les creusant. Rien n'est si commun, dans beaucoup de nos départements, que de voir les champs entourés de pareils fossés dont les crêtes portent de larges haies.

Dans telle de ces haies en Normandie, en Bretagne, dans la Vendée, etc., il y a de vieux arbres rabougris qui remontent à plusieurs siècles; leur pied est élevé d'une manière notable au-dessus des champs. L'éminence de terre sur laquelle ils se trouvent, est nécessairement plus ancienne qu'eux, et leur seule existence prouve que cette éminence n'a pas subi de dégradations notables depuis le moment où ils ont été plantés.

Des arbres situés sur un terrain horizontal, tels que des ormes plantés en avenue, vont nous fournir par une autre cause un fait du même genre : en pareil cas, on remarque souvent qu'au pied de l'arbre la terre végétale s'élève. Ce relèvement de la terre végétale autour de l'arbre résulte de l'accroissement des racines. Le petit tumulus, formé ainsi par l'action très-lente de la végétation, s'est conservé comme tous les tumulus se conservent. Si on portait habituellement plus d'attention sur ces objets, on y trouverait beaucoup d'observations à faire. En groupant ces observations, on arriverait à établir des règles précises sur la manière dont se conserve la surface de la terre végétale.

Les végétaux sont des monuments de la permanence de la surface du sol. Un arbre a généralement ses racines dans la terre végétale, et il ne subsiste qu'autant que cette terre se conserve. Quelquefois cette remarque s'applique à une terre végétale qui n'a pas plus de 20 centimètres d'épaisseur. L'existence d'un arbre montre alors que la surface de la terre végétale n'a pas changé sensiblement depuis que l'arbre y végète. Comme il y a des arbres dans cette position-là qui ont plusieurs siècles d'existence, ce genre d'observation peut s'appliquer, en remontant le cours des âges, pendant un grand nombre de siècles, et même pendant des milliers d'années, quand il s'agit de forêts où les arbres se sont renouvelés durant plusieurs générations successives. On est donc certain que la terre peuplée de végétaux se conserve depuis extrêmement longtemps et sans changements sensibles dans les endroits qui ne sont soumis à *aucune cause de dégradation particulière.* Quand il s'agit d'arbres placés sur des pentes, le fait est encore plus frappant. Il y a des forêts peuplées d'arbres séculaires sur des pentes où la terre végétale est très-mince et d'une nature différente de celle du sous-sol. Cela prouve que, même sur les pentes, la terre végétale se maintient par l'influence des racines, des feuilles et des débris de végétaux d'une manière presque invariable.

La longévité de certains végétaux est une donnée importante pour la géologie.

Au point de vue qui nous occupe, la longévité de certains végétaux devient une donnée importante pour la géologie. M. de Candolle pense que l'on ne peut pas fixer précisément l'âge qu'une espèce d'arbres ne pourrait dépasser; aucune d'elles

ne renferme dans son organisation de cause essentielle de mort. Chaque individu meurt par accident, et il y en a qui échappent extrêmement longtemps à ces accidents mortels; or, il est à remarquer qu'un des plus rares parmi ces accidents, c'est qu'un arbre ait ses racines dépouillées de terre végétale par l'effet des agents extérieurs, même dans les endroits où cette terre végétale est peu épaisse. Maintenant si les arbres vivent des siècles et jusqu'à des milliers d'années sans être sensiblement déchaussés, cela suppose évidemment que la surface de la terre végétale ne change pas d'une manière sensible.

M. de Candolle s'est occupé de réunir des exemples de la longévité de quelques arbres. Je vais vous citer une partie de la liste qu'il en donne dans son Traité de physiologie végétale.[1]

Comment on la constate.

Vous savez que les arbres dicotylédones présentent des couches concentriques; que chaque année une nouvelle couche s'ajoute extérieurement aux couches qui existent déjà. Ces couches, qui sont très-marquées, indiquent le nombre des étés pendant lesquels l'arbre a vécu. Il suffit donc de scier un pareil arbre près de sa racine pour connaître son âge. Pour les arbres dont l'intérieur est creux, et pour ceux qu'on ne peut couper, on base le calcul sur la mesure de la circonférence; on fait une entaille quelque part; on compte dans une épaisseur donnée le nombre des couches annuelles; puis on fait une proportion. Ici le calcul peut n'être pas

1. De Candolle, Physiologie végétale; article de la longévité de quelques arbres exogènes, page 975 et suiv.

complétement rigoureux, parce que le diamètre ou la circonférence de l'arbre peut n'avoir pas crû constamment de la même quantité chaque année.

Quoi qu'il en soit, voici les principaux résultats de M. de Candolle :

Des ormes, des chênes, des tilleuls de quelques siècles, on les compterait par centaines : il est inutile d'en parler. Je vais seulement vous présenter des exemples d'arbres qui ont dépassé 300 ans. M. de Candolle les a recueillis avec soin ; vous pouvez compter sur leur authenticité :

Exemples cités par M. de Candolle.

Il existait à Morges, en Suisse, un orme qui avait 17 pieds 7 pouces de diamètre ; il avait, lorsqu'on l'a coupé, 335 ans.

Un cyprès (M. de Candolle ne dit pas dans quelle localité) avait 350 ans environ.

Un *cheirostemon*, du Mexique, avait environ 400 ans.

On voit sur des murailles de très-vieux lierres. Dans quelques villages on en connaît qui ont un grand nombre de siècles. M. de Candolle cite un lierre gigantesque qui existait en 1814 à Gigean, entre Montpellier et Pézenas. La base avait 2 mètres de circonférence : il avait 450 ans.

M. de Candolle mentionne

Un mélèze de 576 ans.

Un oranger de 630 ans.

Un olivier de 700 ans environ.

Un platane d'Orient de plus de 720 ans.

Les cèdres du Liban atteignent environ 800 ans.

M. de Candolle cite les châtaigniers comme des arbres qui atteignent un âge très-avancé : il ne donne pas de nombres.

Il parle d'un noyer d'environ 900 ans.

Les tilleuls sont des arbres qui vivent extrêmement longtemps; on en connaît qui ont plus de 1000 ans.

Les chênes, qui, malgré la lenteur de leur croissance, atteignent quelquefois jusqu'à 4 mètres de diamètre, sont aussi des arbres qui vivent très-vieux. On en connaît de 800 ans, de 1080 ans; on montre dans la forêt de Fontainebleau, près du rond point de la Belle-Croix, un chêne creux, presque dépouillé de ses branches, qu'on regarde comme le plus vieux de la forêt. On le désigne sous le nom de *chêne de Clovis;* il est vrai qu'on ne donne pas la preuve qu'il remonte à nos premiers rois; mais dans les Ardennes il y a un chêne dont on a constaté que l'existence remonte à 1500 ans.

Au reste, il y a en Europe des arbres plus remarquables encore que les chênes par leur longévité; ce sont les *ifs,* sur lesquels nous reviendrons bientôt.

Il y a aussi des arbres des pays chauds qui passent pour vivre très-vieux, tels que les bois d'acajou, les bois de fer, etc.

Remarques de M. A. de Candolle sur le même objet.

M. Alphonse de Candolle, dans son *Introduction à l'étude de la botanique,* résume dans le passage suivant, que je citerai textuellement, les résultats obtenus par son illustre père; et il en ajoute plusieurs autres qui résultent de ses propres recherches.[1]

« On est frappé, dit M. Alphonse de Candolle, de l'âge extraordinairement avancé auquel sont parvenus quelques arbres. Les cas rares, mais certains, où les documents historiques prouvent une haute

1. Alphonse de Candolle, Introduction à l'étude de la botanique dans les Suites à Buffon; tome I.er, page 440. Paris, Roret, 1835.

antiquité, rendent plus croyables ceux où l'on arrive à des résultats analogues uniquement par la mesure du tronc et par les indications que l'on en tire.

« Le fameux châtaignier du mont Etna (*castagno de centi cavalli*) ne peut pas être cité ici, parce qu'il provient de plusieurs rejetons d'un très-ancien pied, soudés entre eux; mais voici d'autres exemples d'arbres uniques dans leur origine, qui ont atteint un âge fort avancé.

« Un tilleul fut planté dans la ville de Fribourg, en Suisse, le jour où l'on apprit la victoire de Morat, en 1476. Cet arbre avait en 1831 une circonférence de 13 pieds 9 pouces (4,m60), ce qui donne un accroissement annuel moyen de 1 ligne ¾ en diamètre, au moyen de quoi on peut apprécier l'âge d'autres tilleuls. Il faut cependant remarquer qu'un arbre planté dans une place publique, pavée en tout ou en partie, grossit moins que d'autres de la même espèce mieux situés; ainsi, l'accroissement ordinaire annuel du tilleul peut être d'environ 2 lignes de diamètre pendant les quatre premiers siècles.

Tilleul de Fribourg.

« Or, il existe, près de cette ville même de Fribourg, à Villars-en-Moing, un tilleul qui avait, en 1831, à quatre pieds au-dessus du sol, 36 pieds de circonférence, soit 1,639 lignes de diamètre. Suivant la tradition du pays, il était déjà célèbre par sa grosseur en 1476, et des tanneurs, profitant de la confusion qui régnait pendant la bataille de Morat, le mutilèrent pour en avoir l'écorce. En supposant un accroissement moyen de 2 lignes par année, il aurait aujourd'hui 817 ans; en supposant 1 ligne ¾, plus de 1200 ans; enfin, en admettant 2 lignes

Tilleul de Villars-en-Moing.

pour les quatre premiers siècles, et pour les suivants 1 ligne et ½, ce qui est assez vraisemblable, il aurait plus de 1600 ans.

Tilleul de Neustadt.

«Le tilleul le plus remarquable se trouve à Neustadt sur le Kocher, dans le royaume de Wurtemberg. Cet arbre, mentionné jadis par Evelyn, examiné en 1831 par M. Jules Trembley sur la demande de M. de Candolle[1], appartient à l'espèce du tilleul à larges feuilles. Il devait être déjà très-grand en 1229; car, d'après d'anciens documents, la ville fut rebâtie *auprès du grand arbre*, après avoir été détruite par une guerre en 1226. L'ancien nom de Helmbundt fut changé alors en celui de *Neustadt* (nouvelle ville), et du temps d'Evelyn, dans le 17.e siècle, on la désignait sous le nom de *Neustadt près du gros tilleul.* Un vieux poëme, qui date de 1408, dit : *Devant la porte s'élève un tilleul soutenu par soixante-sept colonnes.* Le nombre de ces colonnes destinées à soutenir les branches était de 82 en 1664; il est aujourd'hui de 106. Les plus anciennes inscriptions que l'on voie sur ces colonnes portent la date de 1558; d'autres 1562, 1583, etc., avec les armes du seigneur qui les faisait élever. Malgré ces appuis, les branches ont souffert: l'une des principales a été brisée en 1773 par un ouragan. La mesure du tronc prise par Evelyn, n'est malheureusement pas comparable aux mesures récentes, parce qu'il a négligé de dire à quelle hauteur au-dessus du sol il avait mesuré la circonférence. Celle-ci était, en 1831, à 5 ou 6 pieds au-dessus du sol,

1. Physiologie végétale, page 988.

de 37 pieds 6 pouces 3 lignes de Wurtemberg[1]. A 2 lignes d'accroissement annuel, l'âge serait de 700 à 800 ans, ce qui est probable d'après quelques inductions historiques; néanmoins il faut observer que, depuis quelques siècles, il a grossi certainement de moins de 2 lignes par année. Ce qui manque presque toujours dans ces recherches, ce sont des données sur l'accroissement après les deux ou trois premiers siècles.

« M. Berthelot a mesuré un sapin (*abies excelsa*) gigantesque, situé à l'ouest de Courmayeur, sur la montagne de Bequé. Cet arbre, connu des habitants du pays sous le nom d'*écurie des chamois*, parce qu'il sert d'abri à ces animaux pendant l'hiver, avait, en 1832, 7 mètres 62 centimètres de circonférence au-dessus du collet, soit 2,^{m}54 de diamètre. Voulant estimer l'âge de ce vétéran des Alpes, M. Berthelot l'a comparé à la coupe d'un sapin d'une forêt voisine âgé de 260 ans; il a vu que ce dernier avait grossi en diamètre de Sapin de la montagne de Bequé.

301	millimètres	de	1	à	50	ans.
222	—	de	50	à	100	ans.
164½	—	de	100	à	150	ans.
133	—	de	150	à	200	ans.
120	—	de	200	à	250	ans.[2]

« Ce sapin avait en définitive 960 millimètres de diamètre à 260 ans, et dans les dix dernières années n'avait grossi que de 20 millimètres. M. Berthelot,

1. Le pied de Stuttgart ne vaut que 10 pouces 7 lignes de France, d'après le Manuel métrologique de Mallet; Genève, 1802.

2. La progression est donnée de 10 en 10 ans, et décroît très-régulièrement.

appliquant au sapin de Bequé les mêmes chiffres, supposant en outre que l'accroissement de 20 millimètres en dix années a pu se soutenir jusqu'au 5.ᵉ siècle, et que plus tard il a été de 16 millimètres seulement, arrive à la conclusion que le sapin monumental de Bequé a environ 1200 ans. L'erreur, s'il en existe, ne peut guère dépasser $\frac{1}{10}$ ». MM. Bravais et Martins ont soumis au calcul la marche de la croissance des sapins du nord, et leur procédé de calcul pourrait trouver ici son application.

Il existe dans beaucoup de parties des îles britanniques et de la France des ifs qui sont l'objet d'une sorte de vénération. Cette vénération remonte à des temps complétement inconnus. On voit des ifs à côté de beaucoup d'églises de village. Au premier abord on croirait que ces ifs ont été plantés à côté des églises; cela a eu lieu, en effet, dans un grand nombre de cas, par suite de ces anciennes habitudes que les populations conservent sans en connaître l'origine; mais souvent ce sont les églises qui ont été bâties à côté des ifs.

«On cite en effet des ifs (*taxus baccata*) d'une très-grande antiquité. Selon trois mesures recueillies par M. de Candolle, cet arbre grossit d'environ une ligne par an jusqu'à 150 ans, et un peu moins dans le siècle qui suit. Or, Evelyn (en 1660), et l'éditeur de la seconde édition de son ouvrage, Pennant (en 1770), ont mesuré en Angleterre et en Écosse des ifs de 1214, de 1287, de 2588 et de 2880 lignes de diamètre, ce qui suppose, au moins, autant d'années d'existence. Le dernier de ces ifs, nommé par Evelyn *suranné* (*superannuated*), et situé dans le ci-

If de Braburn.

metière de Braburn (comté de Kent), avait, en 1660, 58 pieds 9 pouces de circonférence. S'il existe encore, il doit avoir près de 3000 ans.

« Dans les pays où la culture et une population nombreuse n'ont pas fait disparaître les forêts primitives et les arbres les plus dignes de respect, on doit trouver des vétérans du Règne végétal bien plus extraordinaires encore. Malheureusement les voyageurs y ont peu pensé, et les botanistes manquent de documents sur la végétation des arbres exotiques.

Baobab des îles du Cap vert.

« Adanson en a fourni un qui repose sur des faits curieux. Il a observé aux îles du cap Vert un baobab (*Adansonia digitata*) sur lequel des voyageurs anglais, 300 ans auparavant, avaient dit avoir gravé des lettres. En entaillant le tronc il a retrouvé, au-dessous de 300 couches ligneuses, ces mêmes inscriptions, et il a mesuré l'épaisseur des couches qui les recouvraient. Partant de cette donnée et de la manière dont grossissent de jeunes pieds de la même espèce, il a dressé un tableau de la végétation de cet arbre, dont M. Duchêne a extrait les nombres suivants :

A 1 an le baobab a de 1 pouce à 1 p. ½ de diam.

A 20 ans	—	1 pied	de diam.
A 30	—	2	—
A 100	—	4	—
A 1000	—	14	—
A 2400	—	18	—
A 5150	—	30	—

« Adanson dit en avoir vu de plus gros, qui devaient approcher de 6000 ans, et M. Perottet[1] assure

1. Flore de Sénégambie; tome I.er, page 77.

qu'il s'en trouve fréquemment en Sénégambie dont le tronc atteint 60 et 90 pieds de circonférence. Leur grande durée tient à leur peu d'élévation ; car ils forment une touffe et comme un tertre de verdure. Un baobab, dont le tronc a 30 pieds de diamètre, n'a que 70 à 80 pieds de hauteur, et ses branches retombent de tous côtés.

« En général, c'est la dureté du bois qui permet une longue vie, comme l'oranger, l'olivier et l'if en sont des exemples frappants.

« Le cyprès chauve ou distique (*cypressus disticha*, Linn.; *taxodium*, Rich.), si commun aux États-Unis et au Mexique, paraît, grâce à la consistance de son tissu ligneux, atteindre une vieillesse égale aux baobabs. Il en existe un près d'Oxaca, dont le tronc a 57 pieds et ½ de diamètre et 100 pieds de hauteur. Il est connu pour avoir abrité jadis Fernand Cortez avec toute sa petite armée de conquérants, et les indigènes lui rendent un culte superstitieux. J'ai essayé d'estimer son âge d'après le peu de faits connus sur cette espèce[1]. Il ne doit guère s'éloigner de 6000 ans. C'est aux voyageurs d'examiner avec soin ce monument, plus antique sans doute que les pyramides d'Égypte. »[2]

Cyprès d'Oxaca.

Les exemples qui précèdent sont fournis par des arbres dicotylédones, où le nombre des années peut

1. Bibl. univ. de Genève ; avril 1831.

2. Il serait curieux d'examiner si dans l'intérieur des troncs d'arbres de cette espèce on ne trouverait pas de caractères gravés par les anciens habitants de *Palenque* et de *Mitla*. Ce serait un moyen positif de déterminer l'âge de ces ruines imposantes et mystérieuses du Yucatan.

se compter ou se calculer à peu près d'après les couches successives. Les arbres monocotylédones ne se prêtent pas à ce mode de calcul; on est réduit à juger de leur durée d'après d'autres considérations; il y en a qui paraissent vivre aussi très-longtemps : on croit que les dattiers du nord de l'Afrique peuvent vivre deux ou trois siècles. Il vient quelquefois plusieurs tiges de palmier sur la même souche, et il y a des souches de palmier qui paraissent extrêmement âgées. On cite, sous ce rapport, le dragonnier de l'Orotava (*dracœna draco*), dans l'île de Ténériffe, qui présente un grand nombre de branches, et qui paraît remonter à une très-haute antiquité. Cet arbre, qui existe encore, est sûrement un des plus anciens monuments du globe. Selon M. de Humboldt (Tableaux de la nature, v. 2, p. 31 et 109) il a 45 pieds de circonférence, ou 16 pieds de diamètre, un peu au-dessus du sol. Selon M. Ledru, qui l'a visité en 1796, la tradition rapporte que lorsque l'île de Ténériffe fut découverte en 1402, il était déjà aussi gros et aussi creux qu'à présent, et qu'il était, dès cette époque, un objet de vénération pour les peuples de l'île.[1]

Dattiers du nord de l'Afrique.

Dragonnier de l'Orotava.

On peut citer encore comme exemples de longévité végétale des touffes de végétaux herbacés vivaces.

« Je suis disposé à penser, dit M. de Candolle, que la partie souterraine des végétaux vivaces, abritée par sa position même contre les intempéries de l'atmosphère peut parvenir à une extrême vieillesse. »[2]

1. De Candolle père, *loc. cit.*, page 1012. (Examen spécial de la durée des endogènes.)

2. De Candolle père, *loc. cit.*, page 1016.

Saule herbacé des Alpes.

On en voit un exemple dans le saule herbacé qui croît dans les Alpes, au bord des neiges perpétuelles, dans des endroits qui sont très-humides quand on les visite en été. Ses tiges flexibles se trouvent enterrées par le terrain situé au-dessus, qui glisse très-lentement. Il paraît, d'après les observations de M. de Candolle, que les souches de ce saule herbacé doivent remonter à un grand nombre de siècles.

Eryngium maritima et echinophora des dunes.

M. de Candolle cite également l'*eryngium maritima* et l'*echinophora*, qui croissent sur les dunes du midi de l'Europe. Leurs tiges s'allongent à mesure que le sable les enterre, et peut-être sont-elles contemporaines des dunes elles-mêmes.

Prêles.

Les rhizomes de quelques prêles paraissent aussi atteindre une extrême vieillesse.

Lichens.

Enfin, M. de Candolle pense que certains lichens qui croissent à la surface des rochers, peuvent y braver les siècles; que quelques-unes de ces plaques végétales pourraient être aussi anciennes (ce sont ses expressions) que le dernier cataclysme.

Souches de graminées.

On voit souvent de grosses souches de graminées en saillie au-dessus du sol dans des prairies marécageuses : elles remontent à un grand nombre d'années, et quelquefois à plusieurs siècles. Il en est de même des herbes qui composent le gazon; leurs souches peuvent être très-âgées. Un gazon peut être très-ancien; et cela donne beaucoup de poids à la supposition que le gazon a puissamment contribué à la conservation des pentes qu'il recouvre.

Le gazon a puissamment contribué à la conservation des pentes qu'il recouvre.

En général, la conservation de la terre végétale sur les pentes peut être attribuée en grande partie à l'existence des racines des végétaux qui, constituant

dans l'intérieur des terres comme une espèce de feutrage, en retiennent les parties même les plus fines. Lorsqu'on défriche un terrain en pente, il est quelquefois dépouillé de terre végétale par un seul orage. Dans beaucoup d'endroits où l'on a défriché des forêts pour les remplacer par des champs cultivés, la terre végétale a été entraînée par les eaux, et le sol est devenu incultivable pour un temps qui sera très-long, parce que les phénomènes relatifs à la reproduction de la terre végétale sont très-lents. Mais il faut remarquer que l'état naturel de la surface du globe, c'est-à-dire, l'état dans lequel la plus grande partie du sol où des végétaux peuvent croître s'est trouvée depuis le commencement de l'ordre des choses actuel, est d'être couverte de végétaux, de forêts, de gazon. L'état de culture est un état exceptionnel. Nos travaux tendent à faire prédominer l'exception sur la règle; mais l'état naturel du globe a été d'être couvert de végétation, de manière que, quand on raisonne sur la terre végétale, on raisonne sur une surface qui a été pendant très-longtemps couverte de gazon ou de forêts. Quand on voit du gazon sur une pente, on peut se dire que peut-être elle est couverte de ce gazon depuis qu'elle existe elle-même. La terre s'y est conservée, parce qu'elle est revêtue de gazon, et qu'il y en a toujours eu. Ces observations conduisent à considérer la terre végétale comme une chose bien plus permanente qu'on n'est généralement porté à le croire au premier abord. Vous voyez qu'elle peut donner lieu sous ce rapport à des recherches susceptibles d'intérêt; c'est un sujet sur lequel il y a une foule de choses à noter.

L'état naturel de la surface du globe est d'être couvert de végétation.

La conservation de cette surface par l'effet de la végétation est l'état normal.

Certains endroits seulement se dégradent rapidement.

La permanence du reste de la surface rend ces dégradations plus sensibles.

Il y a certainement un grand nombre de lieux, et nous nous en occuperons avec détail, dans lesquels la surface extérieure du globe est sujette à des dégradations continuelles et très-visibles. Mais ces dégradations sont visibles dans certains endroits, précisément parce que, dans la plupart des localités, la terre végétale se conserve pendant des laps de temps immenses dans une intégrité presque complète.

Je vous en ai donné des preuves puisées dans des monuments humains et dans des monuments naturels, tels que des arbres, dont quelques-uns vivent très-longtemps dans la même assise de terre végétale, laquelle est quelquefois très-mince. Vous avez vu que des végétaux ou des monuments séculaires et millenaires n'ont eu leur base ni déchaussée ni enfouie. Nous en avons considéré des exemples qui se rapportent même à des lieux cultivés; car la culture n'entraîne pas toujours, et n'entraîne même que rarement, la dégradation du sol. J'ai cité des sillons, des fossés qui, abandonnés à eux-mêmes, conservent leurs formes pendant un grand nombre de siècles; la végétation y reprend promptement son empire. C'est surtout la surface du sol, couverte de végétaux, qui se conserve, sans altération sensible, pendant des milliers d'années.

C'est un *point fixe*, un *zéro*, auquel on peut rapporter les phénomènes qui marchent rapidement.

Cette fixité générale ajoute un nouvel intérêt aux phénomènes rapides que la terre végétale, ou du moins l'épiderme du globe, présente en quelques points. Ces derniers, rapportés à une base invariable, deviennent de véritables *chronomètres naturels*. Nous les passerons tous en revue successivement.

SIXIÈME LEÇON.

(30 décembre 1843.)

Des terrains mouvants.

Transport de la poussière.

MESSIEURS,

La pellicule extérieure du globe se présente en général sous la forme d'une couche de terre végétale souvent très-mince, et on voit clairement que c'est un composé de différentes matières telles, par exemple, que les débris décomposés des roches, qui forment dans leur état naturel d'intégrité la masse du terrain; puis de matières transportées par diverses causes, par les eaux, par les vents. Il y a une autre partie adventive, c'est l'accumulation des débris laissés par les végétaux, partie qui n'est pas essentielle, même pour la végétation; car les végétaux croissent parfaitement dans des matières où il n'y a pas de débris de matières organiques. Éléments dont se compose la pellicule extérieure du globe.

Le mélange de ces divers éléments tend souvent à obscurcir l'origine de chacun d'eux; et la fertilité, qui est la conséquence de ce mélange, en faisant naître une riche végétation, rend les observations

Convenance d'étudier chacun de ces éléments lorsqu'il se présente dans l'état d'isolement.

difficiles. De là cette conséquence qui, au premier abord, peut sembler paradoxale, que, pour se faire une idée juste de la terre végétale, il convient d'étudier séparément les localités où chacun des éléments qui concourent généralement à sa formation se trouve dans une prédominance et un isolement plus ou moins complets.

Cet isolement produit la stérilité et engendre des *déserts*.

Cet isolement entraîne souvent la stérilité, et constitue les localités où il se manifeste à l'état de *déserts*; nom qu'on donne en général à toutes les parties de la surface du globe où il ne croît rien. Partout où la végétation se développe il existe des animaux : on ne donne pas à ces parties le nom de déserts, quoique ce soient souvent des solitudes non habitées par les hommes.

Diverses espèces de déserts.

Il y a plusieurs espèces de déserts.

Déserts de sable.

1.° Des *déserts de sables*. Les sables des déserts ne sont qu'une forme particulière de la terre végétale. Le sable n'est pas une matière absolument stérile; on a souvent réussi à transformer des sables arides en terres productives; il a suffi pour cela de mettre un terme à leur mobilité, de les fixer. Mais dans l'état actuel des choses, les déserts de sable sont tout à fait inhabités, incultes. Il n'y croît rien à cause de la mobilité du sable, sans cesse mise en jeu par les vents.

2.° Des *déserts de roches*. Ces derniers sont des parties où la roche est à découvert, et où, ne se décomposant pas, elle ne donne pas naissance à la terre végétale. On peut en citer comme exemple les *Karrenfelder*, dans les Alpes de la Suisse, qui sont des surfaces calcaires nues et exposées à l'air,

et les *cheires* des contrées volcaniques, qui sont des coulées de lave sur lesquelles la décomposition n'a pas encore agi.

3.° Des *déserts salés*. Ce sont ceux où il se dépose à la surface du sol des matières salines, qui sont des obstacles à la végétation, ou qui ne permettent la végétation que de certaines plantes qui se plaisent dans le sel.

4.° Des *déserts glacés*. Ce sont les endroits couverts de neige ou de glace pendant toute l'année, c'est-à-dire les parties élevées des montagnes, ou les contrées voisines des pôles.

Nous nous occuperons de ces diverses espèces de déserts comme fournissant des ressources précieuses pour l'étude des éléments de la terre végétale, ou plus généralement de la légère enveloppe de matières meubles qui recouvre la masse du globe : comme étant d'ailleurs en eux-mêmes des formes particulières de sa surface, et rentrant, à ce titre, dans le cadre des objets dont la géologie doit s'occuper, en premier lieu, dans l'examen de certaines localités.

Nous commençons par les *déserts de sable*, qui, comme la mer, sont soumis surtout à l'empire du vent.

Tourbillons de poussière entraînés par le vent.

Les mouvements de particules terreuses occasionnés par le vent, se développent sous plusieurs formes différentes, dont la plus simple est celle d'un tourbillon de poussière.

Une grande route, sur laquelle il se forme de la poussière, est une espèce de désert de sable. Vous savez avec quelle facilité le vent enlève cette pous-

sière, surtout lorsque son action est favorisée par quelque autre mouvement, par exemple, par celui d'une voiture, ou mieux encore par le passage d'un troupeau de moutons; il se forme alors de véritables nuages de poussière, qui restent longtemps en suspension dans l'air et sont entraînés à de grandes distances.

Exemples du développement dont ce phénomène est susceptible.

Le même phénomène se produit sur les champs dépouillés et desséchés, et même sur des champs couverts d'une faible végétation. Ainsi, « pendant trois ou quatre mois de l'année, la surface de l'Égypte, dénuée de végétation, sèche et poudreuse, est balayée par des vents violents, qui soulèvent dans les airs la poussière du sol, en laissent précipiter une partie dans le fleuve, qui l'entraîne à la mer, et en dispersent une autre partie dans les déserts, ou l'accumulent sur d'autres portions de l'Égypte. »[1]

Égypte.

Marais desséchés des Bouches-du-Rhône

Dans les marais desséchés des départements de Vaucluse et des Bouches-du-Rhône, la terre, lorsqu'elle est sèche, se réduit en une poussière très-fine. Dans les premiers jours sereins de la fin de l'hiver, lorsque le vent sec du nord vient à souffler avec violence, cette terre pulvérulente est soulevée et entraînée avec une telle facilité, que le blé, encore très-faible, est complétement déchaussé et que la récolte périt.

Pampas de Buénos-Ayres.

Dans les grandes plaines du bassin du Rio de la

1. De Rozière, De la constitution physique de l'Égypte : — Description de l'Égypte, ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française. — Histoire naturelle; tome II, page 493.

Plata, connues sous le nom de *Pampas*, il y a quelquefois de très-grandes sécheresses. Ces Pampas de Buénos-Ayres présentent de vastes pâturages habités par de nombreux troupeaux de chevaux. Les sécheresses dont je parle sont désastreuses pour ces animaux : on les voit fuir, courir, arriver dans un état d'exténuation complète dans les endroits où il y a un peu d'eau. La terre, naturellement sablonneuse, se réduit alors en poussière; le vent l'élève en petits monticules, qui rendent la plaine tout à fait aride pendant la durée de la sécheresse, et effacent les limites des champs, comme le font les eaux du Nil en Égypte pendant l'inondation.

Pluie de sable à Heidelberg.

Quelquefois le phénomène du transport de la poussière se développe sur une grande échelle. Ainsi, le 25 août 1842, on a observé à Heidelberg un vaste nuage de poussière, qui, sans doute, avait été enlevé par le vent dans les contrées voisines, peut-être sur les montagnes sablonneuses qui bordent la plaine du Rhin. Quoi qu'il en soit, le sable est tombé par un vent extrêmement violent sur un très-grand espace. Il en est tombé à Sinsheim, au confluent du Necker et du Rhin, à 20 kilomètres[1] de Heidelberg; à Miltenberg, à 50 kilomètres de Heidelberg, et dans tous les espaces intermédiaires. Plus de 500 kil. carrés ont été couverts par cette pluie de sable.

1. J'évaluerai constamment les distances en kilomètres, et je ferai remarquer à cette occasion que les verstes de Russie, de 104 au degré, étant de 1068 mètres environ, les évaluations de distances en kilomètres et en verstes sont à peu près équivalentes quand il s'agit de nombres ronds. Le mille anglais étant de 1609,m3149, on voit que 5 milles font 8046,m5745. Ainsi on peut dire que 5 milles anglais font à peu près 8 kilomètres.

Poussière en suspension dans la vallée de la Doire.

J'ai vu un jour, près de Turin, la vallée de la Doire remplie jusqu'à ses bords d'un nuage de poussière. Sur les plateaux, de part et d'autre de la vallée, l'air était transparent. La poussière provenait de la route de Turin à Milan, qui traverse les plateaux et la vallée. Les plateaux étaient balayés par un léger vent, mais l'air de la vallée était calme. La poussière entraînée sur les plateaux devait évidemment aller retomber à une très-grande distance, puisque celle qui se trouvait concentrée dans l'air stagnant de la vallée y restait si longtemps en suspension. Cette observation me semble propre à faire concevoir comment un vent, même léger, peut entraîner la poussière au loin.

En effet, le vent charrie quelquefois des particules terreuses fines à d'énormes distances.

Cendres volcaniques entraînées à de grandes distances.

Les cendres volcaniques en ont fourni des exemples remarquables : celles du Vésuve ont été transportées à Venise et en Grèce, à 500 et à 700 kilom. de distance. Les cendres produites par l'éruption du volcan de Cosigüina dans les États de Guatimala, le 25 janvier 1835, ont été transportées jusqu'à Kingston (Jamaïque), éloigné de 1200 kilom. Les cendres produites en 1815 par l'éruption du volcan de Tomboro, dans l'île de Sumbawa, ont été transportées jusqu'à Bencoolen, dans l'île de Sumatra, à 1700 kilom. de distance.

Sables fins du désert entraînés de même très-loin.

Le vent qui souffle d'un désert sablonneux vers les plaines du voisinage, entraîne sur elles les particules les plus fines du sable; quand il souffle vers la mer, il les emporte souvent sur des vaisseaux. On a vu des vaisseaux sur l'Océan atlantique, à 900 ou 1000 kil.

à l'ouest des côtes de l'Afrique et du désert de Sahara, couverts par un sable rougeâtre, transporté par le vent.

Dolomieu et, après lui, M. de Rozière, ingénieur en chef des mines, qui a contribué à la rédaction du grand ouvrage, fruit de l'expédition d'Égypte, ont attribué l'accroissement annuel de la terre végétale de l'Égypte non aux seules inondations du Nil, mais aussi au sable des déserts environnants, que le vent y porte en quantité plus ou moins sensible, et qui se mêle au limon déposé par le fleuve.

Si le vent n'entraînait le sable que dans un état presque impalpable, comme celui qui vole sur l'Océan, ce ne serait jamais un très-grand inconvénient; mais lorsque le sable est moins fin, le vent a encore sur lui une grande action: ainsi que nous le verrons bientôt, il en résulte quelquefois de vrais désastres pour des endroits susceptibles de produire une belle végétation.

Des déserts de sable.

C'est dans les vastes déserts de l'intérieur de l'Afrique et de l'Asie que le vent exerce le plus fortement son empire sur les sables mobiles. On traverse ces déserts en caravanes, pour lesquelles on emploie principalement des chameaux. On choisit le chameau, parce qu'il peut se passer de boire plus longtemps que la plupart des autres bêtes de somme, ce qui n'empêche pas qu'il n'en périsse un grand nombre dans les déserts, faute d'eau. Ce qu'il y a de plus dangereux dans ces déserts, c'est d'y être surpris par le vent du sud-ouest, que

Déserts de sable.

dans l'Algérie on appelle le *seymoun;* vent
souffle avec une très-grande force et qui est
sécheresse complète. Les sables s'échauffent par
du soleil; puis le vent soulève des particul
sable très-échauffées qui communiquent leur
leur à l'air : on a vu, dit-on, un thermomètre,
dans l'air qui tenait ces particules sableuses en
pension, monter à 54° R. (67°,50 cent.); dans le
même il montait jusqu'à 56° R. (70° cent.). F
d'eau, ne pouvant réparer les pertes causées par
poration, les hommes et les animaux se trou
dans la position la plus critique : souvent les
vanes périssent en totalité.

Tempêtes de sable.

Ces déserts deviennent encore plus redout
lorsque le vent est assez fort pour soulever com
ment le sable; celui-ci est chassé et accumul
gré du vent : il en résulte de véritables vagu
sable. Aussitôt qu'il s'en est fait une première
mulation sur un point, elle prend bientôt la f
d'un double talus; le sable s'élève à une extr
et retombe en s'éboulant à l'extrémité opposé
monticules de sable cheminent de cette ma
avec beaucoup de rapidité; ils ensevelissent de
ravanes entières; les routes qu'on suit habit
ment dans certains déserts sont jonchées en l
coup d'endroits de carcasses de chameaux, et n
d'ossements humains, qui proviennent des cara
ensevelies ainsi par le sable. Des armées entière
péri de cette manière, notamment celle de Cam

Dangers auxquels elles exposent les caravanes.

Comment les sables empiètent sur les contrées voisines.

Vous voyez que le vent a une très-grande
sur les sables. Il peut les transporter, les élev
forme de petites montagnes, d'où résulte un

table fléau pour les contrées cultivables placées dans le voisinage; quand le sable marche ainsi en monticules, il empiéte sur la terre végétale ordinaire, qui en est impitoyablement recouverte : c'est ce qui arrive sur les lisières de beaucoup de déserts, comme ceux de la Boukharie et de la Libye.

Déserts de la Boukharie.

«Les vents, dit M. de Humboldt, accumulent, entre le Sir et l'Amou, des masses de sables mouvants à une hauteur prodigieuse, et engloutissent des villages entiers. De semblables accidents ont aussi lieu dans la petite Boukharie. Nous savons par les auteurs chinois que, jusque vers le 7.e siècle, il y avait une grande route de commerce qui se dirigeait de la limite occidentale de la province de Chensi sur Khoten, passant au nord de la chaîne du Kouen-Loun, et parallèlement avec elle. Cette route et les villages que le commerce avait fait naître dans le voisinage, ont été engloutis par les sables.»[1]

Déserts de la Libye.

La partie occidentale de l'Égypte qui borde le désert de Libye, est de même exposée aux envahissements des sables, qui, dans quelques endroits, sont arrivés jusqu'aux bords du bras occidental du Nil.

Égypte envahie par les sables.

«Les vents d'ouest et de nord-ouest, qui règnent habituellement en Égypte, dit M. Girard, chassent devant eux les sables de la Libye, qui auraient depuis longtemps envahi l'Égypte, s'ils n'avaient pas été forcés de s'accumuler en monticules ou *dunes* sur sa limite occidentale. Certains arbrisseaux servent de point d'appui à ces *dunes*, et opposent au

1. Humboldt : Asie centrale, tome II, page 254.

progrès des matières pulvérulentes dont elles se forment, le seul obstacle qui puisse en arrêter le cours. Ces arbrisseaux croissent sur les bords des canaux dérivés du Nil; et partout où de semblables canaux n'arrêtent point les sables amenés du désert, des terrains anciennement cultivés ont été envahis.

« Dans la vallée du Nil, au pied de la chaîne libyque, un terrain inculte composé de sables légers recouvre une étendue de terrain autrefois cultivable; et ce sol, de formation nouvelle, si on le compare au premier, éprouve des changements journaliers par l'action des vents auxquels il doit son origine.

« A partir de la ville de Syout, la montagne libyque s'éloigne davantage du fleuve, en se portant à l'ouest. La plage recouverte de sables mobiles s'élargit de plus en plus partout où ces sables n'ont point rencontré de plantes ou d'arbustes qui arrêtent leur cours. Chassés par les vents d'ouest et de nord-ouest ils poussent en quelque sorte devant eux le terrain propre à la culture, sinon ils s'accumulent en *dunes*: ainsi qu'on le remarque sur la rive gauche du canal de Joseph, qui sert en quelque sorte de limite à la plaine sablonneuse par laquelle la chaîne libyque se termine.

« Ce canal arrête les sables qui viennent de l'ouest; la stérilité de toute sa rive gauche, qui en est recouverte, contraste de la manière la plus frappante avec la fertilité des campagnes de la rive opposée, qui peuvent être arrosées facilement, soit par des dérivations de ce canal, soit par des dérivations immédiates du fleuve.

« A partir de Terrâneh (où finit le canal de Joseph

jusqu'à l'origine du canal de Bahyreh, que l'on rencontre à trois myriamètres plus bas, c'est le Nil lui-même qui s'oppose à l'invasion des sables : ils sont arrêtés par la ligne de roseaux dont sa rive gauche est bordée, et s'y amoncellent en dunes presque abruptes. Le canal de Bahyreh, qui se dirige ensuite au nord-ouest jusqu'au lac Maryout, autrefois *Mareotis*, semble uniquement destiné à protéger l'Égypte contre l'invasion de ces mêmes sables.... Tous les sables qui, poussés par les vents, arrivent sur les bords du Nil ou des canaux qu'il alimente, ne s'arrêtent pas sur leurs rives pour y former des dunes : une partie est jetée dans leur lit, et est entraînée par le courant avec ceux que le fleuve amène chaque année des parties supérieures de son cours. »[1]

Villages et monuments ensevelis par les sables.

Les sables que le vent amène ainsi de la Libye ont recouvert des terrains cultivés et habités du temps des anciens Égyptiens, et même depuis la domination musulmane. M. Denon, qui a fait partie avec M. Girard de l'expédition d'Égypte, cite des villages dont les minarets passaient au-dessus de ces sables, et qui, par conséquent, avaient été ensevelis depuis l'époque de l'établissement de l'islamisme en Égypte[2]. On a trouvé aussi des villes anciennes, ou de grands monuments ensevelis de la même manière. Tel est le grand temple d'Ipsambul,

1. Girard, Observations sur la vallée d'Égypte et sur l'exhaussement séculaire du sol qui le recouvre. — Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des Recherches qui ont été faites pendant l'expédition de l'armée française. — Histoire naturelle, tome II, pages 345, 347 et 395.

2. Deluc, Mercure de France. Septembre 1807.

découvert par Burckhardt, et ensuite, en partie, dégagé par Belzoni et Beechey. Il était environné et recouvert par un sable si fin que, dès qu'il était agité, il se mouvait comme un fluide. Ce sable a parfaitement préservé le temple, de manière que l'on retrouve dans un état complet de conservation les figures colossales, les couleurs, même du stuc qui en couvrait quelques-unes, et jusqu'aux peintures qui décoraient les murailles : le tout avait été pour ainsi dire emballé par cette matière sèche et impalpable, qui est un des meilleurs agents de conservation.[1]

Ce serait une chose très-curieuse que de constater combien d'espace de terrain les dunes de sable ont envahi en Égypte depuis les temps les plus anciens. Si on avait la date exacte de l'ensevelissement de quelques-uns des villages et des monuments dont nous avons parlé, et qu'on mesurât la distance comprise entre l'endroit où se trouvent ces villages et les bords de l'espace occupé aujourd'hui par le sable, on connaîtrait le taux annuel de leur avancement, et on pourrait calculer depuis combien de temps elles ont commencé à avancer, à partir de certains points déterminés : cette recherche n'a pas encore été faite relativement à l'Égypte.

Il arrive quelquefois que le sable abandonne des points qu'il a recouverts pendant longtemps. Quand le vent vient à souffler d'un côté où il ne souffle pas ordinairement, le sable est enlevé dans certains endroits; alors le terrain se découvre, et des monu-

1. Lyell, *Principles of geology* ; sixième édition, tome III, page 278.

ments ensevelis depuis des siècles apparaissent en des points situés à une grande distance au milieu du pays envahi.

Dans les déserts compris entre la Basse-Égypte et l'isthme de Suez, les vents dominants, qui sont des vents d'ouest, ont produit un autre phénomène : ils ont chassé le sable superficiel vers les déserts de l'Arabie pétrée, et ont laissé le sol recouvert de cailloux quartzeux de diverses natures, qui étaient mêlés au sable au moment de son dépôt originaire.

Dunes de sable au bord de la mer.

Il y a des localités plus voisines de nous où les sables sont agités par le vent d'une manière tout aussi funeste pour les contrées adjacentes : ce sont les bords de la mer. Ils y sont exposés surtout lorsque le fond de la mer est formé de sable, comme cela arrive très-souvent, et lorsqu'en même temps la plage est faiblement inclinée, et qu'il y a une marée. Le sable se trouve à découvert pendant que la mer est retirée, et le vent qui souffle de la mer peut entraîner ce sable au loin, et donner naissance aux mêmes effets que dans les déserts. Le phénomène se produit très-facilement si la marée découvre chaque jour une large zone sablonneuse, ce qui arrive nécessairement si la côte est extrêmement plate et présente des bancs de sable que la marée basse laisse à sec, où le soleil puisse sécher le sable et où le vent puisse le saisir : le sable a bientôt franchi et même comblé l'intervalle qui sépare le banc de sable de la côte. Si celle-ci s'élève rapidement, ou si elle est verticale, le sable reste

Phénomènes analogues au bord de la mer.

Dunes de sable.

au pied des rochers, il n'en résulte aucun effet remarquable; mais lorsque la côte est basse, il s'y répand avec facilité; quand différentes circonstances favorables se réunissent, il se produit des *dunes*, c'est-à-dire, des accumulations de sable qui s'élèvent sous forme de monticules, dont le pied se trouve placé à la limite des plus hautes marées.

nisme formation.

Le sable charrié par la mer, découvert par la marée basse, puis séché par le soleil, est poussé par le vent sur la surface ascendante de ces monticules, et est élevé jusqu'à la partie supérieure; puis il s'écroule à l'extrémité postérieure. Les dunes acquièrent ainsi une certaine hauteur. Quand elles dépassent une limite qui dépend des circonstances locales, le vent n'a plus la force de faire monter le sable jusqu'au haut; mais il en a une de plus en plus grande pour le précipiter du haut des dunes sur leur pente postérieure, de sorte qu'elles cessent de s'élever. Les dunes atteignent des hauteurs de 6, de 10, de 20 mètres, et même, quoique plus rarement, de 30, 60 et 100 mètres. On voit un exemple de ces dunes élevées sur le rivage septentrional de l'embouchure du Tay en Écosse[1].

Comment les dunes empiètent sur les terres basses.

Ces monticules offrent toujours quelques irrégularités; chacun d'eux présente un plan incliné vers la mer, et terminé par des talus produits par l'éboulement du sable. Pendant un certain temps le vent fait monter le sable sur le plan incliné tourné vers la mer, et ce sable s'écroule par derrière ou latéralement. A côté du premier monticule il s'en trouve

1. Von Hoff, *Veränderungen der Erdoberfläche;* tome III, p. 71.

un autre disposé de la même manière; mais à mesure que ces deux monticules s'élèvent, le sable y monte moins aisément; il atteint sa limite sur l'un et sur l'autre : le sable se porte alors dans l'intervalle resté vide entre eux, et d'autant plus facilement, qu'il y a là une sorte de gorge où le vent s'engouffre. Il se forme par suite une nouvelle dune à l'extrémité de l'intervalle compris entre les deux premières; elle grandit à son tour et sa croissance se ralentit; puis, de part et d'autre de la nouvelle dune, il s'en forme d'autres qui ont une direction plus ou moins oblique : de là résulte une série de monticules disposés irrégulièrement.

Ces dunes une fois formées, le vent ne les laisse pas en repos : en faisant ébouler leur sommet et en élevant le sable sur leur plan incliné, il les chasse sans cesse devant lui, puis il en fait naître d'autres à la place qu'elles abandonnent au moyen du sable qui vient de la plage. La masse des dunes s'avance ainsi vers l'intérieur à peu près comme les vagues de la mer, mais non avec une régularité complète; elle s'avance successivement en différents points : tantôt c'est un point, tantôt c'est l'autre qui s'avance. Il y a des points qui avancent les uns plus que les autres; mais la masse des dunes empiéte sans cesse sur la terre. S'il existe au bord de la mer un grand espace uni, les dunes l'envahissent; elles ensevelissent des terres qui étaient couvertes de végétation, les terres cultivées, et même des villages. Elles avancent d'une quantité souvent très-notable, qui n'est pas bien fixe. On ne peut pas assigner d'une manière précise le taux de l'avancement moyen, parce que

tantôt c'est un point, tantôt c'est un autre qui avance. Il faudrait prendre une moyenne entre la position des dunes dans différents siècles successifs; chose qu'on n'a pas encore faite d'une manière bien certaine. Je vais vous citer néanmoins différents exemples.

La marche progressive des dunes a fixé depuis longtemps l'attention des observateurs [1]; elle n'avait pas échappé à celle de Montaigne. [2]

Dunes du Cornouailles.

Il y a sur la côte nord-ouest du Cornouailles des parties où la plage est suffisamment plate pour que le phénomène des dunes s'y produise d'une manière très-développée. Tels sont, par exemple, les environs de Padstow, ville située à l'embouchure d'une rivière qui tombe dans le canal de Bristol; cette rivière, nommée *Camel* ou *Olan,* s'élargit en se rapprochant de la mer, qui amoncelle du sable à son embouchure en forme de *barre.* Le fond de la mer est plat, et dans le golfe où se jette la rivière il y a des bancs de sable, qui restent découverts à la marée basse. Lorsqu'ils sont à sec, le sable, séché par le soleil, est enlevé par le vent, surtout par le vent du nord-ouest, qui entraîne des nuages de sable sur la côte voisine : de là résultent des dunes très-étendues. Ces dunes, qui ont quelquefois jusqu'à cent mètres de hauteur, ont avancé dans le siècle dernier de manière que plusieurs fermes ont été recouvertes par elles. Il y a près de là un village, Saint-Enodock, dont l'église a été entourée par les

1. Coulon, Traité historique des fleuves et des rivières de France, 1644.

2. Mich. Montaigne, Essais, livre I.er, chap. 30.

dunes de telle manière que le clocher et toute l'église ont été enveloppés de trois côtés; mais comme l'église avait encore une porte du côté opposé à la mer, c'est par là qu'on pouvait y entrer[1]. Lorsque Deluc a observé le phénomène, on avait de la peine à maintenir l'accès de cette porte. Je ne sais si, depuis cinquante ans, elle n'aura pas été complétement obstruée.

Le déplacement de ces sables, opéré par le vent, a découvert en certains endroits les ruines d'anciennes constructions qui en avaient été recouvertes antérieurement. Dans quelques cas où on y a creusé des puits profonds, on a vu des couches distinctes séparées par une couche végétale. Dans quelques endroits, comme à New-Quay, de grandes masses ont été suffisamment consolidées pour être employées comme matériaux de construction. La lapidification, qui se continue encore, paraît être due à l'oxide de fer tenu en dissolution par l'eau qui filtre à travers le sable.[2]

On cite un autre point du Cornouailles, la baie de Saint-Ives, où des dunes sont formées par un sable calcaire provenant de coquilles marines pulvérisées : des coquilles terrestres y sont conservées entières.

En France il y a aussi des dunes sur différentes parties des côtes de la Bretagne et de la Normandie. Dunes du département de la Manche.

La côte occidentale du département de la Manche est bordée, dans une grande partie de sa longueur, par des lignes de dunes, derrière lesquelles s'éten-

1. Deluc, *Travels;* tome III, §. 1112.

2. Lyell, *Principles of geology;* 6.e édit.; tome III, page 280.

dent des plages de sable, que la mer couvre à la haute marée; ainsi que des marais, des étangs et des terrains bas où serpentent lentement de petits ruisseaux. Ces dunes ont pour base des rochers plats, qui s'étendent au loin dans la mer et qui sont en partie recouverts par des plages de sable.

Pas de dunes sur les plages du mont Saint-Michel

Je remarquerai ici comme un fait singulier, que la vaste plage sablonneuse du mont Saint-Michel n'est pas bordée de dunes. Cela tient sans doute à quelque propriété particulière du sable qui la compose; sable qui, assez ferme lorsqu'il est au-dessus de l'eau, devient au contraire d'une mobilité extrême dès qu'il est baigné par la marée! La même remarque s'applique au sable des plages du grand Vey près d'Issigny. Ces sables, composés de grains de quartz, de débris très-fins de coquilles et de particules salines, sont employés, sous le nom de *tangue*, pour l'amendement des terres. Le sable ordinaire des dunes n'est pas susceptible des mêmes usages, ce qui prouve qu'il y a une différence essentielle de composition.

Côtes de la Bretagne et de la Vendée.

Sur les côtes rocheuses de la Bretagne et de la Vendée le phénomène des dunes n'a pris, en général, qu'un faible développement : il n'y a que de petits intervalles dans lesquels il existe des dunes; cependant il y en a de fort régulières à l'entrée de différentes rivières et au fond de certaines anses. Souvent, au milieu d'une côte plus ou moins rocheuse, on voit s'ouvrir une vallée; dans cette vallée il y a un ruisseau. Il arrive presque toujours que la mer produit à l'entrée de cette vallée une certaine accumulation de matières meubles qui y forme une

ligne presque droite, légèrement rentrante dans l'intérieur. Quelquefois cette accumulation n'est autre chose que du sable qui avance plus ou moins sous forme de dunes.

Aux environs de Lampaul et de Roscoff, et à l'entrée de la rivière de Laber (Finistère), on trouve beaucoup de rochers plats, dont la partie voisine du niveau de la haute marée est couverte de plages de sable. Un grand nombre de ces plages sont bordées de dunes.

Ces dunes n'ont pas toujours un grand développement; quelquefois, au contraire, elles en ont un fort anomal.

L'un des exemples les plus remarquables de l'empiétement des dunes sur la terre ferme a été observé dans le département du Finistère. Le fait est rapporté comme il suit dans les Mémoires de l'Académie des sciences :

Marche rapide des dunes de Saint-Pol-de-Léon

....« Aux environs de Saint-Pol-de-Léon en Basse-Bretagne, il y a sur le bord de la mer un canton qui, avant l'an 1666, était habité, et ne l'est plus, à cause d'un sable qui le couvre jusqu'à une hauteur de plus de 20 pieds, et qui d'année en année s'avance et gagne du terrain. A compter de l'époque marquée, il a gagné plus de six lieues, et il n'est plus qu'à une demi-lieue de Saint-Pol, de sorte que, selon toutes les apparences, il faudra abandonner la ville. Dans le pays submergé on voit encore quelques pointes de clochers et quelques cheminées qui sortent de cette mer de sable....

« C'est le vent d'est ou de nord-est qui avance cette calamité : il élève le sable, qui est très-fin,

et le porte en si grande quantité et avec tant de vitesse, que M. Deslandes, à qui l'académie doit cette observation, dit qu'en se promenant en ce pays-là, pendant que le vent charriait, il était obligé de secouer de temps en temps son chapeau et son habit, parce qu'il les sentait appesantis. De plus, quand le vent est violent, il jette ce sable par-dessus un petit bras de mer jusque dans Roscof, petit port assez fréquenté par les vaisseaux étrangers : le sable s'élève dans les rues de cette bourgade jusqu'à deux pieds, et on l'enlève par charretées. On peut remarquer, en passant, qu'il y a dans ce sable beaucoup de parties ferrugineuses, qui se reconnaissent au couteau aimanté.

« L'endroit de la côte qui fournit tout ce sable, est une plage qui s'étend de Saint-Pol jusque vers Ploüescat, c'est-à-dire, un peu plus de quatre lieues, et qui est presqu'au niveau de la mer, lorsqu'elle est pleine. La disposition des lieux est telle qu'il n'y a que le vent d'est ou de nord-est qui ait la direction nécessaire pour porter le sable dans les terres. Il est aisé de concevoir comment le sable porté et accumulé par le vent en un endroit, est repris ensuite par le même vent et porté plus loin, et qu'ainsi le sable peut avancer en submergeant le pays, tant que la minière qui le fournit en fournira de nouveau; car sans cela le sable en avançant diminuerait toujours de hauteur et cesserait de faire du ravage. Or, il n'est que trop possible que la mer jette ou dépose encore longtemps de nouveau sable dans cette plage, d'où le vent l'enlève; il est vrai qu'il faut qu'il soit toujours aussi fin pour être ainsi enlevé.

« Ce désastre est nouveau, parce que la plage qui fournit le sable, n'en avait pas encore une assez grande quantité pour s'élever au-dessus de la surface de la mer, ou peut-être parce que la mer n'a abandonné cet endroit et ne l'a laissé à découvert que depuis un temps. Elle a eu quelque mouvement sur cette côte : elle vient présentement dans le fleuve une demi-lieue en deçà de certaines roches qu'elle ne passait pas autrefois.

« Ce malheureux canton, inondé d'une façon si singulière, justifie ce que les anciens et les modernes rapportent des tempêtes de sable excitées en Afrique, qui ont fait périr des villes et même des armées... »[1]

C'est ici un cas d'avancement extraordinairement rapide. Cette dune s'est avancée d'une manière continue. En général, une masse de dunes ne s'avance pas si rapidement. Je puis cependant vous indiquer encore d'autres exemples d'une rapidité comparable à celle-là.

On cite dans le Suffolk un point où une dune fit irruption dans l'intérieur des terres en 1688. Cette dune finit par envahir une partie de Downham. Au bout d'un siècle Downham fut enseveli par le sable de cette dune; on voyait le point d'où la dune était partie : elle avait fait un mille (1609 m.) en 20 ans, c'est-à-dire 80 mètres par an, et avait couvert plus de mille acres[2]. Elle marchait beaucoup plus vite que la plupart des grandes masses de dunes. Mais l'exemple de Saint-Pol-de-Léon est encore plus étonnant : 6 lieues dans l'espace de

Exemple analogue dans le Suffolk.

1. Histoire de l'académie royale des sciences, année 1722, p. 7.
2. Lyell, *Principles of geology*; 6.e édit., tome III, page 281.

56 ans ! Si c'était 6 lieues de pays, de 5000 mètres chacune, cela ferait 537 mètres par an : c'est un phénomène extraordinaire. N'ayant pas visité moi-même la localité, j'ignore si la distance est perpendiculaire ou oblique à la plage, et si l'espace parcouru l'a été par le seul effet du vent.

Les marais salants du Croisic (département de la Loire inférieure), sont situés derrière les dunes qui les séparent de la mer.

Dunes des côtes de Gascogne.

Mais la partie des côtes de France où les dunes sont le plus remarquables, est la côte des landes de Gascogne.

Les dunes s'étendent au nord jusqu'à la pointe de Grave qui resserre l'embouchure de la Gironde, près d'un phare bâti sur un rocher, la tour de Cordouan. En face de la pointe de Grave la côte de Royan est formée par des falaises calcaires; ce n'est que plus au nord qu'il y a encore des dunes sur les côtes de la Charente inférieure et de la Vendée.

A partir de la pointe de Grave s'étend vers le sud une côte très-unie, présentant très-peu de découpures jusqu'à l'entrée du bassin d'Arcachon, dans lequel se jette la petite rivière de Leyre. La côte continue ensuite de la même manière jusqu'à l'entrée de l'Adour et aux falaises de Biaritz.

Il ne faut pas confondre les dunes avec les landes : ce sont deux phénomènes tout à fait différents. Les landes sont des sables couverts de bruyères, de petits joncs marins. Dans quelques parties il y a des pins qui donnent de la résine.

Les landes présentent une plaine très-unie, très-

légèrement inclinée vers la mer, et il faut se représenter qu'elle se prolonge sous la mer de manière à former une côte très-légèrement inclinée. Les dunes sont placées précisément à l'intersection de la surface de la mer avec la prolongation de la surface générale des landes.

Nature des sables qui les composent.

Le sable des dunes de Gascogne a beaucoup de ressemblance avec le sable des landes; il est seulement plus fin. Il est presque uniquement quartzeux. M. Bremontier y indique cependant, outre les grains de quartz, quelques paillettes de mica et quelques particules ferrugineuses. Ce n'est que dans le fond de l'ancien lit de l'Adour, au vieux Boucaud, qu'on y trouve mêlées quelques parties calcaires. Il est vraisemblable que le sable des dunes n'est que le sable du prolongement sous-marin des landes un peu débarrassé, par l'action des vagues de la mer, de l'argile et des gros grains qui y sont mêlés, c'est-à-dire plus fin, plus égal, plus sec que ne l'est le sable des landes.

Largeur de la zone qu'elles occupent.

Les dunes de Gascogne occupent généralement un espace d'une assez grande largeur. Au nord et au sud de la teste de Buch, la bande des dunes a de 4 à 6 kilomètres de largeur; en beaucoup d'autres points elle est plus large encore, et sa largeur moyenne peut être estimée de 6 à 8 kilomètres.

Manière dont elles empiètent sur l'intérieur des terres.

Ces dunes, poussées par le vent, ainsi que nous l'avons expliqué précédemment, avancent vers l'intérieur des terres avec une rapidité très-préjudiciable à la contrée : quoique les landes ne soient pas très-fertiles, il y a cependant des villages; quelques-uns de ces villages ont été ensevelis par les sables.

On en cite dont les noms sont mentionnés dans les titres du moyen âge, et dont il n'existe plus que le souvenir.

Villages qu'elles ont recouverts.

A la place qu'occupaient le vieux et le nouveau Soulac, à deux lieues au sud de la pointe de Grave, on ne voit plus qu'une mer de sable.

M. Cuvier rapporte, dans son Discours sur les révolutions du globe, qu'il y a dix ou quinze ans, dans le département des Landes, les dunes menaçaient une dizaine de villages : le village de Mimizan luttait contre elles depuis vingt ans. Une dune de 60 pieds (19 mètres) de hauteur était arrivée tout près de ce village et avançait tous les ans à vue d'œil[1]. Elle doit, depuis ce temps, avoir englouti le village, à moins qu'on ait réussi à opposer quelque obstacle à sa marche.

Quelquefois les dunes, en avançant, découvrent, au moins momentanément, les édifices qu'elles ont enveloppés. Lorsque l'intervalle de deux dunes vient à passer, par l'effet de leur progrès, sur l'endroit où il y avait un village, on en voit apparaître les ruines au travers de ces dunes. Le vieux *Soulac*, situé à environ 800 mètres de la plage actuelle, a été ainsi couvert puis découvert par les dunes.

Étangs qu'elles font refluer.

Les dunes font disparaître les landes, non-seulement en les recouvrant de leurs sables, mais aussi en faisant refluer sur elles des étangs qui les couvrent de leurs eaux. Il tombe des eaux pluviales sur la surface des landes ; ces eaux forment des ruisseaux, tels que la petite rivière de Leyre et d'autres

1. G. Cuvier, Discours sur les révolutions de la surface du globe ; seconde édition française ; 1830 ; page 166.

petits cours d'eau. Les eaux de la Leyre se rendent dans le bassin d'Arcachon, qui communique avec la mer, de manière que la marée y monte et y descend. Ce bassin est de niveau avec la mer; c'est même un port. Mais les dunes empêchent la plupart des autres ruisseaux de s'écouler ainsi librement dans la mer; leurs eaux ne vont à la mer qu'à travers quelques canaux qu'elles se sont ménagés entre les dunes et que les sables obstruent sans cesse. Elles s'accumulent derrière les dunes, et de là résultent un certain nombre d'étangs, tels que l'étang de Hourtin, de Sainte-Hélène et de Carcans, l'étang de la Canau, les étangs de Sanguinet, de Biscarosse, de Parentis et des Gastes, l'étang d'Aureilhan et de Mimizan, l'étang de Saint-Julien et de Lit, l'étang de Léon, l'étang de Soustous, l'étang de Tosse, etc. Il y a une longue série d'étangs, dont ceux-là sont les plus grands, qui doivent leur existence à celle des dunes. Ces dernières, avançant sans cesse vers l'intérieur des terres, font reculer les étangs. A mesure que les dunes avancent, les eaux s'élèvent et les étangs empiétent sur les landes.

L'ancienne église de Saint-Paul se trouve maintenant sous les eaux de l'étang d'Aureilhan, qui, après que le sable a eu obstrué son canal d'écoulement, a débordé au delà de ses anciens rivages. Le bourg de Bias, avec son église et ses vignobles, a été noyé de la même manière. En 1802, les étangs ont envahi cinq belles métairies dans le village de Saint-Julien. Ces mêmes étangs ont couvert une ancienne chaussée romaine qui conduisait de Bordeaux à Bayonne, que l'on voyait encore il y a 40 ans, quand les eaux étaient basses.

Fixation des dunes.

M. Bremontier s'est beaucoup occupé du remède à apporter au fléau de l'envahissement des landes par les dunes. Le plus certain consiste à faire des sables des dunes de la terre végétale. Ce sable est aussi propre à la végétation de certaines plantes que celui des landes elles-mêmes : il n'est pas tout à fait aussi argileux; mais le pin s'y trouve très-bien. L'humidité du sol pénètre entre les molécules du sable, jusqu'à une certaine distance de la surface, en sorte qu'à une certaine profondeur le sable est humide et les racines peuvent pousser. On a réussi à planter en pins de grandes étendues de ces dunes. Il y a des parties des dunes aux environs de la Teste de Buch qui sont dès aujourd'hui de superbes forêts de pins, dont on peut tirer de la résine : dans quelques années il y aura de belles forêts de pins depuis l'embouchure de la Garonne jusqu'à l'embouchure de l'Adour.

Forêts de pins qu'on y plante.

Rapidité de la marche des dunes.

L'horizontalité presque parfaite de la surface des landes favorise la marche des dunes. Une dune avance souvent de 60 à 72 pieds (19 à 23 mètres) par an : c'est un fléau redoutable pour la contrée dans laquelle elle se trouve. Si les dunes marchaient constamment de 72 pieds (23 mètres) par an, vu la distance qu'il y a des dunes à Bordeaux, qui est de 150,000 pieds (49 kilomètres), il ne leur faudrait que 2083 ans pour franchir cet intervalle. Mais ce n'est pas toujours une même dune qui avance; une année une dune avance en un point, une autre année une autre dune avance à côté. Il s'en faut de beaucoup que la limite des dunes vers l'intérieur des terres avance de 72, ni même

de 60 pieds par an; cela n'est même pas supposable, parce que les dunes n'ont pas une largeur qui corresponde à un avancement aussi considérable. La largeur moyenne de la zone des dunes n'est guère que de 6000 à 8000 mètres. Ainsi, en admettant qu'elles avancent depuis 5000 à 6000 ans, elles n'ont guère avancé, terme moyen, de plus d'un mètre par an; ce qui est bien différent des 19 ou 23 mètres dont parle M. Bremontier.

Elles con un chror natu

Les dunes s'étendent sans cesse, ainsi que je l'ai déjà expliqué, et il est aisé de concevoir que la largeur totale de la bande de terrain occupé par elles forme une espèce de chronomètre, un immense *sablier naturel.* Pour bien concevoir toute la valeur de la mesure chronométrique fournie par les dunes de Gascogne, il faut remarquer combien la ligne de la côte bordée par les dunes est peu ondulée; elle s'étend entre deux points fixes. A l'extrémité septentrionale, près de la pointe de Grave, se trouve la tour de Cordouan, bâtie sur des rochers, et en face les falaises de Royan, formées de rochers rongés lentement par la mer. A l'extrémité méridionale se trouvent les falaises de Biaritz, dont le front n'éprouve lui-même que peu de déplacements. La plage que bordent les dunes entre ces deux points invariables étant sensiblement rectiligne, et se trouvant à peu près sur la ligne d'intersection du plan prolongé de la surface des landes avec la surface de la mer, il est clair que ce doit être à peu près là sa disposition originaire. Elle ne pourrait avoir eu une disposition notablement différente que dans le cas où il serait survenu des changements récents dans les

niveaux relatifs de la terre et de la mer, ce que rien n'indique, d'une manière générale, sur cette côte. Il paraît, à la vérité, que dans la partie septentrionale où elle se recourbe vers la pointe de Grave, la ligne de la plage a reculé, et qu'elle est maintenant plus éloignée des rochers de la tour de Cordouan qu'elle ne l'était il y a quelques siècles. La zone des dunes est plus étroite dans cette partie, et les ruines du vieux Soulac, découvertes à 800 mètres seulement de la plage actuelle, pourraient faire croire que cette dernière était autrefois plus éloignée; mais ces observations, sur lesquelles je reviendrai, ne s'appliquent pas à la totalité de la côte des landes. Les dunes qui les bordent sont donc à peu près dans la position où le phénomène a dû commencer. Cette remarque est commune à plusieurs autres contrées, quoiqu'elle ne soit pas universelle.

Je vais passer à d'autres localités, où elle ne s'appliquerait pas aussi sûrement, quoique les dunes y occupent encore plus d'étendue que sur les côtes de Gascogne : je veux parler de celles qui bordent les rivages de la mer du Nord, tant sur la côte d'Angleterre que sur celles du continent.

Dunes des côtes orientales de l'Angleterre.

On peut suivre sur la carte (pl. V) le développement de ces côtes, d'abord dans la partie orientale de l'Angleterre, depuis le Wash jusqu'à l'embouchure de la Tamise et au Pas-de-Calais; puis, sur les côtes de la Flandre qui vont jusqu'à l'Escaut, sur les côtes de la Hollande jusqu'au Texel. On trouve ensuite une côte toute bordée d'îles, formant une ligne très-régulière, qui se prolonge jusqu'aux

bouches de la Jahde et du Weser. Toutes ces côtes sont très-intéressantes par les phénomènes qui s'y produisent, et particulièrement par les dunes qui les bordent sur de grandes étendues.

Il y a des dunes en Angleterre dans le Norfolk et le Suffolk; mais ce n'est pas la partie des contours de la mer du Nord où elles sont le plus développées. La terre ferme, quoique peu élevée, forme çà et là des falaises dont les vagues rongent le pied, qui sont même très-remarquables par la facilité avec laquelle la mer les démolit. Mais il y a des intervalles où la côte est très-plate, et des ouvertures de vallées plus ou moins larges : c'est là qu'il existe des dunes.

Ces dunes, dans leur mouvement progressif, ont recouvert certains cantons. On cite l'église d'Eccles, ensevelie de manière qu'on n'en voit plus que le clocher.

Un des phénomènes que produisent les dunes sur les côtes de Norfolk, c'est de fermer de certaines petites embouchures de rivières. Entre Eccles et Winterton les dunes en ont barré plusieurs depuis quelques siècles, et ont empêché la marée d'y pénétrer; dans ce cas les eaux de la rivière s'accumulent en arrière des dunes et forment un étang. Ces phénomènes ont de grands rapports avec ce que j'ai indiqué sur les côtes de la Gascogne. On observe cependant ici quelques particularités que la côte des landes ne nous a pas présentées : un pareil étang peut se trouver quelquefois au-dessous des hautes marées; son niveau n'est assujetti à la rigueur qu'à se trouver au-dessus de celui de la

Terres basses qu'elles abritent

mer basse; il pourrait même se trouver au-dessous, si l'évaporation avait une action suffisante. Alors des terrains situés sur ses bords, quoique au-dessous du niveau des hautes marées, sont cultivables. Mais il arrive quelquefois que, dans certains mouvements violents de la mer, les dunes sont rompues et le terrain inondé, ce qui cause de grands ravages.[1]

Lagunes qui s'y forment et que les rivières remplissent.

Une ligne de dunes, qui s'étend depuis quelques milles de Happisburg jusqu'à Yarmouth, protége la côte dans une assez grande étendue. Dans les environs de Yarmouth il s'est produit ainsi plus de 60 étangs d'eau douce. Il y en a qui ont 120 acres (48 hectares) de superficie, de 25 à 30 pieds (7 à 9 mètres) de profondeur : c'étaient des enfoncements assez profonds, qui ont été barrés par le sable accumulé et séparés de la mer. La rivière Yare et plusieurs autres communiquent avec quelques-uns de ces étangs, et finiront par les combler par un *colmattage* naturel. Il en résultera des espaces de terre qui deviendront cultivables; mais le phénomène ne se montre ici que très en petit, comparativement à ce qui se passe sur les côtes des Pays-Bas.

La Flandre est une contrée dont le fond est de sable. Elle se rattache aux grandes plaines de sable de la Campine, du Brabant septentrional et de la Westphalie : ces plaines de sable couvertes de bruyères s'étendent jusqu'en Prusse; elles ont une pente très-douce, leur plan prolongé finirait par s'enfoncer au-dessous du niveau de la mer du Nord. Ces sables

1. Lyell, *Principles of geology*; 6.e édit., tome II, page 53.

n'appartiennent pas tous à la même formation; les uns font partie du terrain tertiaire inférieur, les autres du terrain erratique; mais il n'est pas moins vrai que le bord du bassin de la mer du Nord, depuis Calais jusqu'à l'Elbe, est formé dans toute son étendue par des sables qui se ressemblent physiquement.

A l'ouest de Calais, au cap Blanc Nez, la côte est élevée et présente des falaises de craie. Au point où cessent les falaises, commencent immédiatement les dunes, qui s'étendent par Ostende jusqu'à l'embouchure de l'Escaut sans aucune interruption. Puis vient l'île de Walcheren, garnie de dunes du côté de la mer, et ensuite la côte de la Hollande proprement dite, bordée en entier par une large bande de dunes qui ne présente pas d'interruption. Du sommet de la montagne de Cassel et de celle du Katzenberg, dans le département du Nord, on voit et on suit au loin la ligne des dunes, et on aperçoit par dessus leur crête la vaste étendue de la mer du nord. Les dunes de la Flandre sont élevées, mais elles n'occupent qu'une zone de peu de largeur. Il en est de même dans la Zéelande. A *West-Capelle* et à *Domburg*, dans l'île de Walcheren, les dunes sont très-élevées et très-rapides. Quand on parcourt les prairies de la Hollande, et que la vue n'est pas bornée par les arbres, on ne peut cependant pas voir la mer, ni même la mâture des vaisseaux qui y naviguent, à cause de l'élévation des dunes qui bornent la vue. Des promenades de la Haye et des remparts de Harlem on voit l'horizon à l'ouest nord-ouest bordé par la ligne des dunes. Ici les

Dunes des Pays-Bas.

dunes constituent une zone fort large : quand on ne connaît pas les sentiers qui serpentent au milieu du labyrinthe de leurs monticules, on peut s'y perdre de manière à y errer un jour entier. Ces dunes arrivent jusqu'au Texel. La rade du Texel, sur laquelle se trouvent le Helder et New-Diep, ports militaires de la Hollande, est située en arrière de la ligne des dunes et protégée par elles. L'île du Texel et les îles nombreuses situées au nord du Zuyderzée et des côtes de la Frise, formant une chaîne continue depuis le Texel jusqu'à l'embouchure de la Jahde, présentent toutes une bordure de dunes du côté de la mer; mais on cesse d'en trouver en poursuivant le littoral du duché d'Oldenbourg, du Hanovre et du Holstein jusqu'à l'embouchure de l'Eyder, qui sépare le Holstein du Sleswig. Les dunes reparaissent sur la rive septentrionale de l'Eyder et s'étendent jusqu'à la pointe sud-ouest la plus avancée d'Eyderstädt, de Südenhöved à Nordenhöved : là elles deviennent très-basses, mais elles se relèvent dans les îles d'Aron et de Sylt, et courent sans interruption, quoique avec une largeur inégale, jusqu'au cap Skagen, pointe septentrionale du Jutland.[1]

[Grande étendue de côtes qu'elles embrassent]

Le Rhin se bifurque, aux environs de Nimègue, en divers rameaux. Celui à qui on a conservé le nom de Rhin, passe à Leyde et se dirige vers la mer : il a été arrêté par les dunes, à travers lesquelles on lui a creusé récemment un canal. Les autres bras

1. Von Hoff, *Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche*; tome III, page 74.

du Rhin, la Meuse et l'Escaut se déchargent dans la mer par de larges ouvertures, que les dunes ne tendent pas à obstruer.

Ces dunes sont composées d'un sable tout à fait analogue à celui qui forme le sol fondamental de ces contrées. A *Domburg* et à *Vlissingen* (*Flessingue*), comme à *Scheweningen* et au *Texel*, les dunes sont formées de sable quartzeux un peu chlorité, qui vient probablement du terrain tertiaire inférieur et peut-être du terrain erratique. Sable qui les comp

J'ai déjà dit que la surface de ces terrains sablonneux s'incline doucement vers la mer du Nord, et en constitue probablement le fond. Les mouvements de la mer produits par les marées, par le vent et par les courants, agissent sur ces sables, et les rejettent sur la côte. Le mouvement des marées, l'agitation des vagues, l'action des vents, concourent à l'entassement des sables.

Ils s'élèvent immédiatement sur la plage, et y forment des séries de monticules souvent très-élevés. Les talus sur lesquels le vent fait monter les sables sont en quelques endroits très-inclinés. Quelquefois il y a des parties de dunes qui ne sont pas complétement stériles, quoiqu'on n'y voie jamais beaucoup de végétation. Certaines graminées qui croissent avec facilité dans le sable, et dont les feuilles sont très-roides, soutiennent le sable et lui permettent de s'entasser avec un talus très-rapide. Le mouvement progressif n'a lieu alors que dans les intervalles des parties qui se trouvent ainsi fixées par la végétation. Il se produit ensuite des intermittences et des irrégularités : cela contribue à ce que les Mécanisme de leur format

dunes n'avancent pas sur tous les points en même temps.

Les rivières actuelles ne sont pour rien dans l'existence de cette longue bande de dunes, qui décrit une courbe presque régulière depuis Calais jusqu'au Texel et même jusqu'à la Jahde.

Dès qu'on entre dans l'intérieur du Zuyderzée, il n'y a plus de dunes. De même sur les bords de l'Escaut et dans toute la Zéelande il n'y a pas de dunes le long des bras de mer intérieurs. Il faut un mouvement considérable des eaux pour remuer le sable et l'entasser au bord de la mer : cela n'a lieu qu'en des points où la mer est sujette à de très-violentes agitations. Il faut que ce soit une mer découverte pour que le vent, ayant une grande force, puisse chasser ce sable et l'élever en monticules. Sur les bords des canaux de peu de largeur et des bras de mer, tels que les deux bras de l'Escaut, la Meuse, le Zuyderzée, le mouvement des vagues et le vent n'ont pas assez de force. La formation des dunes rencontre d'ailleurs dans ces eaux intérieures un autre obstacle, peut-être plus puissant encore; c'est que le fond, au lieu d'être composé de sable comme dans la mer ouverte, est formé d'une couche épaisse de vase apportée par les rivières.

Simplicité de la [...]ne des rivages formés [...]ar les dunes.

La ligne des dunes présente, comme le montre la carte (pl. V), depuis le Pas-de-Calais jusqu'à l'embouchure de l'Elbe, une figure très-régulière, en faisant abstraction des découpures qui résultent des embouchures des rivières. Cette forme, très-simple, est le résultat et pour ainsi dire l'image du mouvement des eaux qui a fait naître des dunes dans

tous les endroits qui remplissaient les conditions convenables pour que les sables agités par la mer s'accumulassent jusqu'à un niveau supérieur à celui des basses marées, et que le vent pût s'en emparer.

Dès que ces conditions sont remplies, il se forme des dunes. Il s'en est élevé à de certaines distances de la terre ferme, et de là sont résultées les îles qui s'étendent du Texel à la Jahde.

La Hollande proprement dite n'existe qu'à la faveur des dunes. Le phénomène des lagunes, confinées derrière les dunes, existe ici sur une échelle infiniment plus grande que sur les côtes des landes et sur les côtes d'Angleterre. La mer de Harlem et quelques autres nappes d'eau intérieures correspondent aux étangs qui existent derrière les dunes de la Gascogne. Le Zuyderzée, dans son état actuel, peut être comparé au bassin d'Arcachon, seulement il est plus grand, et, au lieu d'une petite rivière comme la Leyre, il reçoit l'Yssel, l'un des bras du Rhin. La partie littorale de la Flandre, la Zéelande, la Hollande proprement dite, la Frise, ne sont que des lagunes en partie comblées : phénomène important et remarquable par sa grande étendue et son extrême simplicité.

La Hollande n'existe qu'à la faveur des dunes.

Lagunes comblées.

Une partie des côtes de la mer Baltique participe jusqu'à un certain point, ainsi que nous le verrons bientôt, de cette grande uniformité de contours, qui provient de ce que les formes des côtes y sont le résultat de l'action dynamique de la mer. Je dois toutefois vous faire remarquer qu'il y a beaucoup moins de dunes proprement dites sur les côtes de la mer Baltique et de la Méditerranée que sur celles

Il y a moins de dunes sur les côtes des mers privées de marées.

de l'Océan. Cela tient à plusieurs circonstances d'abord à ce que les côtes de la Méditerranée sont plus rocheuses, et aussi à ce que la mer Baltique et la Méditerranée, n'ayant pas de marées, les dunes s'y produisent plus difficilement. Il n'y a là, pour livrer les sables à l'action des vents, que les intermittences de niveau dues à l'action même des vents; mais c'est une circonstance qui est beaucoup moins favorable à la production des dunes que l'alternative quotidienne de la haute et de la basse marée.

Remarques sur les dunes considérées comme un *chronomètre naturel*.

Plus ces dunes sont un phénomène général et étendu, plus elles sont importantes à considérer sous un point de vue sur lequel je dois rappeler de nouveau votre attention. Comme Deluc l'a proclamé et comme M. Cuvier l'a soutenu, elles constituent un véritable *chronomètre*. Les eaux et les vents remuent les sables et les accumulent en dunes qui s'avancent sans cesse. Ces sables se répartissent sur la surface des dunes, ou servent à les faire avancer. Les dunes sont comme un large fleuve de sable dont le cours est très-lent. La longueur de son cours mesure la durée de son existence. Il reste certainement, relativement à sa marche, des questions à résoudre sur lesquelles on n'a pas accumulé assez d'observations. Ce serait par exemple une question à élever, que celle de savoir si sa marche a été constamment de la même rapidité. Si on connaissait bien la marche des dunes (et on finira par la connaître assez passablement en tenant compte des époques où certains villages ont été ensevelis), on pourrait, en remontant le cours des siècles, déterminer à peu près le moment où les dunes doivent avoir commencé à s'élever.

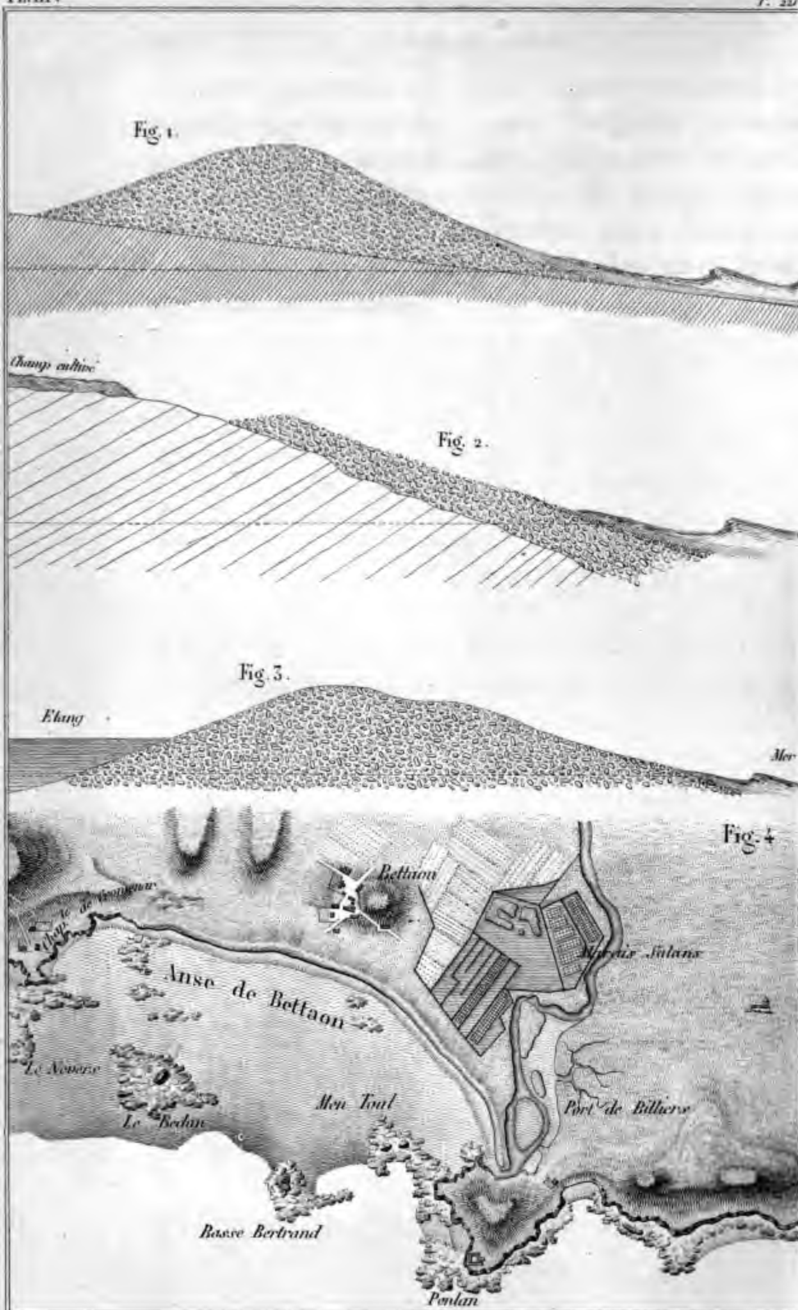
L'aspect général du phénomène conduirait à penser que toutes les dunes d'un grand nombre de localités remontent à peu près à une même époque. Cette époque ne serait autre chose que le commencement de la période actuelle, qu'on pourrait appeler l'*ère des dunes*.

A partir du moment où les dunes actuelles ont pris naissance, les choses se sont passées sur la surface du globe comme elles se passent aujourd'hui : auparavant la marche des choses était différente.

Ainsi, sans sortir de la pellicule du globe, nous avons à considérer deux sortes d'éléments, qui sont dans des conditions toutes différentes. La terre végétale ordinaire, couverte de végétation, ne change pas d'une manière sensible; c'est là le *zéro* auquel nous pouvons tout rapporter; puis, il y a des parties extrêmement mobiles, dont le mouvement remonte à certaines époques. Les dunes en sont un exemple; je vous en ferai connaître plusieurs autres.

Nous voyons par la faiblesse de la largeur de la bande des dunes, comparée à son extension incessante, que le moment où le mouvement a commencé n'est pas très-reculé : on trouverait quelques milliers d'années, et pas en très-grand nombre. Si nous comparons ce résultat avec celui des observations relatives à la végétation, nous voyons qu'il y a certains végétaux, dont deux vies successives forment un total aussi long que toute l'*ère des dunes*; il y a même peut-être des végétaux aussi anciens que le commencement des dunes actuelles. C'est dans ce cadre extrêmement simple que se trouve renfermée toute l'histoire des hommes.

D'autres phénomènes qui se rapportent aussi aux éléments superficiels de l'écorce du globe, d'autres anomalies de la terre végétale, telles que les atterrissements et les accumulations de terre végétale que forment les dépôts d'alluvion, nous fourniront de nouveaux moyens d'arriver à des conclusions tout à fait analogues.



Gravé par les f.res Avril. Lith. de Kaeppel

SEPTIÈME LEÇON.

Le 6 janvier 1844.

Levées de sable et de galet.

MESSIEURS,

Je continuerai dans cette séance à vous parler des bords de la mer et des matières que les vagues accumulent sur les côtes. Ces matières sont généralement des sables, des coquilles et des galets ou cailloux roulés. L'action prolongée de la mer en produit des amoncellements qui ont une très-grande influence sur les formes des rivages et sur les phénomènes qui se passent le long des côtes.

Lorsqu'en approchant du rivage, la profondeur devient assez petite pour que le mouvement des vagues commence à être gêné, les molécules d'eau ne pouvant continuer à transmettre leur vitesse dans l'intérieur du fluide, l'agitation se concentre près de la surface; les vagues s'élèvent davantage, et finissent même par se déchirer, par se *briser*, en s'élançant plus haut sur le rivage qu'elles ne le font au large. Mouvement des vagues sur la plage.

Il résulte de ce phénomène un mouvement assez compliqué des eaux sur la plage; le résultat de ce mouvement est, que la mer rejette de son sein une Elles entassent les corps détachés en forme de bourrelet.

certaine quantité de matières qui forment une espèce de talus, de levée présentant le profil, qui convient mieux au mouvement des eaux.

Par la manière même dont les vagues brisent, la mer aurait, sur un rivage presque plat, plus de tendance à rejeter vers l'extérieur les objets qu'elle agite, qu'à les ramener vers l'intérieur; mais elle donne à son fond, près du bord, une inclinaison qui ne devient fixe que lorsque les efforts opposés s'y compensent, et sur laquelle, par conséquent, elle n'a pas plus de tendance à rejeter vers l'extérieur qu'à ramener vers l'intérieur. L'inclinaison du talus, ainsi formé, va en augmentant jusqu'à la partie supérieure, ainsi que le montre la fig. 1, pl. III. La mer a plus de tendance à rejeter les grosses particules que les petites; elle repousse donc d'abord les gros galets, puis les petits, et enfin le sable.

Quand il n'y a pas de galets, la mer entasse des levées de sable, et lorsque ce sable est fin, il donne naissance à des dunes.

Plages de sable. Les plages de sable qui se trouvent au-dessous de la partie inférieure des digues de galets, sont quelquefois très-étendues, d'autres fois elles le sont très peu : cela dépend de la quantité de sable que la mer charrie. La mer apporte et remporte ce sable; elle en remanie sans cesse la surface, et la disposition qu'elle lui donne dépend en partie de son abondance. Quelquefois on trouve des rochers plats à nu qui se montrent jusqu'à une hauteur assez grande au-dessus de la basse mer, de sorte qu'il n'y a qu'une plage de sable extrêmement étroite; d'autres fois il existe au pied de la levée de galets une plage de

sable qui va jusqu'à la limite de la basse mer, ou qui s'étend même au delà. Quelquefois on n'en connaît pas les bornes, et la sonde rapporte du sable jusqu'à une très-grande distance de la côte. Lorsque le sable s'étend au loin, son inclinaison devient très-faible : elle n'est souvent que d'une fraction de degré, et dans certains cas elle finit même par devenir presque insensible.

Le bourrelet de matières meubles que la mer élève sur ses bords, comme pour clore son domaine, pourrait être désigné assez convenablement sous le nom de *cordon littoral*. En y joignant les dunes, auxquelles le cordon littoral donne naissance lorsqu'il est formé de sable fin, non argileux, on pourrait appeler le tout *l'appareil littoral.* *Cordon littoral.* *Appareil littoral.*

Une portion très-notable de la configuration des côtes est due à l'accumulation et au transport des galets et des sables, opéré par le mécanisme que je viens d'indiquer.

Quelquefois le cordon littoral s'applique sur les roches mêmes qui forment la côte. Dans l'île de Molène, située à l'extrémité de la Bretagne, entre la terre ferme et l'île d'Ouessant, j'ai vu, comme l'indique la figure 2, planche III, l'entassement des galets, appliqué simplement contre une portion d'un talus composé de rochers, contre lesquels la mer brise. Il y avait dans la partie supérieure du banc des galets très-gros, et au-dessous, des galets plus petits : le talus, dont l'inclinaison était seulement de 18 degrés, se prolongeait sous la mer. Le plus souvent de pareils talus se terminent vers le bas par des sables.

A Quemenès, petite île inhabitée, située de même entre la terre ferme et l'île d'Ouessant, la section de la côte m'a offert la forme représentée dans la fig. 3 planche III. L'inclinaison moyenne de la levée de galets est de 20 degrés.

Le profil du cordon littoral frappe généralement les yeux par ses formes géométriques, comme l'indiquent suffisamment les figures des planches III et IV; mais la régularité des formes produites par le phénomène qui nous occupe, est encore plus remarquable lorsqu'on les considère en projection horizontale. L'entassement se dispose naturellement de manière à couper la surface de la mer suivant une courbe très-simple, sur laquelle les vagues viennent se déployer.

La mer ne prolonge pas son mouvement jusqu'au fond des anfractuosités naturelles de la côte; elle forme devant chacune d'elles une digue de galet ou de sable, sur laquelle ses vagues viennent mourir.

Courbes régulières que forment les levées de sable et de galet.

Soit *a b c* (pl. III, fig. 4) la ligne irrégulière produite par l'intersection de la surface de la mer avec la terre ferme. Lorsque les vagues pénètrent dans une baie telle que celle qui s'étend du point *a* au point *c* leur mouvement est altéré; l'altération qui se produit réagit d'un point sur l'autre, et il en résulte un mouvement d'ensemble par l'effet duquel la mer n'entasse pas les matières, qu'elle rejette dans toutes les anfractuosités de la baie; elle tend, au contraire, à les entasser suivant des courbes très-simples, telles que celle représentée par la ligne ponctuée *a d c*.

Il suffit qu'il y ait une très-petite baie d'une certaine forme pour que la mer produise ces phéno-

PL. IV.



Gravé par les f.res Avril, Rue des Noyers N.o 33.

Elle ne s'arrange pas des enfoncements; son …ment ne s'y développe pas à l'aise, et pour peu …ne s'y trouve pas une grande profondeur, elle … des digues régulières qui les interrompent. … derrière ces digues des espaces bas occupés … lagunes ou étangs, qui souvent ne commu…t plus du tout avec la mer.

…phénomène, quand on n'en voit qu'une partie, …raît pas mériter une grande attention; mais …'on l'examine dans son ensemble, on recon…qu'il a une grande influence sur une foule de … importants.

…e multitude de petites baies de la Bretagne pré…t vers leur fond un cordon littoral formant …ourbe arrondie appuyée sur les deux caps de …e, et derrière lequel s'étendent des étangs ou …arais. Presque toutes les baies où coulent de … rivières, sont barrées par des levées de cette …. La baie des Trépassés, près de la pointe du …la baie de Pen-hir, près de la pointe du Tou…et, en offrent des exemples remarquables. Je …ais les multiplier presqu'à l'infini, mais je …re vous décrire en détail quelques exemples … phénomène se manifeste en grand, en vous …lant que ce qui existe en grand, se reproduit …it dans une infinité de localités.

Divers exemples sur les côtes de Bretagne.

…s le *cordon littoral* est développé, mieux on … la marche du phénomène qui le produit et le …rve.

…baie d'*Audierne*, dans le département du Fi…re, dont la planche IV, figure 1.re, indique la …e générale, est bordée en partie par des rochers

Baie d'Audierne.

qui la divisent en petites anses partielles, dont chacune présente en général le caractère indiqué ci-dessus; mais vers son extrémité sud-ouest se développe une courbe régulière et continue *xyz*, formée par une levée de galets qui a environ 12 kilom. de longueur : elle s'appuie aux deux extrémités sur des rochers, au nord sur ceux de Notre-Dame de Penhors, et au sud sur les roches de Pennmarck.

Derrière la levée s'étendent des terrains plats, plus ou moins complétement inondés: quelques parties sont occupées par des marécages. Il y a même un étang considérable.

Une section dans cette levée de galets présente la forme indiquée par la planche IV, figure 2. La ligne horizontale $m\,m'$ indique des marais situés derrière la levée; la ligne courbe *mgdcba* figure le banc de galet.

Du côté de la plage, la levée a une forme variable, dont la mer remanie sans cesse le contour. Ordinairement on lui trouve le profil représenté par la ligne *abcd*.

Quand la mer est calme, ou qu'elle n'a que le mouvement causé par la marée, elle n'entasse les galets qu'à la hauteur *b;* quand elle est un peu plus forte, elle les entasse à la hauteur *c;* quand elle est très-forte, elle efface entièrement les deux premières lignes, et fait naître une forme représentée par la ligne ponctuée *ad*.

L'inclinaison en *d* est le plus souvent de 33 degrés, quelquefois de 34 ou de 35 degrés; plus bas on trouve des inclinaisons de 12 à 15 degrés. L'inclinaison de la surface du sable qui forme la plage,

découverte à basse mer au pied de la levée de galets, est très-peu considérable; elle varie de 1 à 2 degrés.

La hauteur de cette levée est d'environ 5 mètres au-dessus de la plage de sable, qui ne dépasse pas le niveau des hautes marées ordinaires.

La levée du côté de l'étang ou des marécages situés derrière est généralement moins inclinée que du côté de la mer. La pente est là, en moyenne, d'environ 25°, et dans quelques parties elle se réduit à 3 ou 4°; elle a une forme arrondie et beaucoup plus stable, parce que l'inclinaison résulte ici d'actions très-prolongées : il s'y trouve même fréquemment un peu d'herbe qui pousse entre les galets.

Quelquefois la mer rompt cette digue et fait irruption dans les marécages par la brèche qu'elle s'est ouverte; mais comme la mer promène continuellement des galets le long de la côte, s'il se passe plusieurs mois sans grande tempête, la brèche se referme par l'action de la mer elle-même.

Les galets sont formés des roches des côtes voisines, de granite, de gneiss, de micachiste et de quartz blanc, qui constitue des veines dans cette dernière roche. On y trouve aussi du porphyre.

Quelques-uns des galets qui la composent sont très-gros; à l'origine septententrionale de la levée, près de Notre-Dame de Penhors, il y en a d'environ 30 centimètres de longueur; mais, après s'être entre-choqués pendant longtemps les uns contre les autres, ils finissent par s'amoindrir. On voit leur grosseur diminuer en suivant la levée dans la direction du nord au sud, ce qui montre que le transport des galets le long de la levée s'effectue dans

cette direction. C'est une remarque importante que celle du transport du galet par la mer, le long de la plage, dans une direction déterminée. Je reviendrai encore ailleurs sur ce genre de mouvement. Il ne faut pas le confondre avec celui par lequel la mer entasse simplement le galet.

A son extrémité, près de la pointe de la torche, la levée n'est plus formée que de sable, d'abord très-gros, puis assez fin pour s'élever en dunes.

Les vents prédominants étant ceux du sud-ouest, l'action de la mer s'exerce dans cette même direction ; mais le courant violent qui débouche du *Raz de sein* lorsque la marée descend, a aussi une grande influence sur le phénomène.

Kérity. A Kérity, au sud des roches de Pennmark, le cordon littoral est uniquement formé de sable qui donne naissance à des dunes.

Loctudy. Plus à l'est, à Loctudy (Finistère), une grande plage que la haute mer couvre, est fermée et convertie en une sorte de lagune par une levée de sable que plusieurs ouvertures partagent en différents tronçons.

Port-Louis. A Port-Louis (Morbihan) on voit aussi une grande plage que la mer couvre, convertie en lagune à niveau variable, par une levée de sable qui la borde sans la fermer complétement.

Cordons rattachés à des îlots. Ce n'est pas seulement au fond des anses et des baies que la mer relève en forme de cordon les matières meubles qu'elle remue sur son fond dans les endroits où elle est à la fois agitée et peu profonde. Souvent elle les dispose avec une régularité frappante dans le voisinage des rochers isolés qui peuvent leur servir d'abri et de point d'appui. On en

voit des exemples remarquables sur les rochers plats qui bordent en beaucoup de points les côtes de Bretagne et sur lesquels s'élèvent des pitons isolés ou de petits îlots rocheux. On voit fréquemment un cordon de galet s'étendre à une certaine distance sous le vent d'une de ces saillies, ou bien relier entre elles deux saillies situées l'une par rapport à l'autre dans la direction des vents dominants ou dans quelque autre condition favorable. Ainsi, d'après les belles cartes publiées au dépôt de la marine, sous la direction de M. Beautemps-Beaupré, les petites îles qui s'élèvent près de l'entrée de la rivière de Tréguier (Côtes du Nord), sur des plateaux de roches que la mer basse découvre en partie, sont souvent reliées entre elles par des levées de galet. La plus remarquable de ces levées porte un nom dans le pays : elle s'appelle *sillon de Talber*. Sillon de Talber.

La ville de Saint-Malo est bâtie sur un rocher que la mer haute entourerait complétement, s'il n'était lié à la terre ferme par une levée naturelle sur laquelle on a établi une route. Cette levée forme la seule limite qui sépare le port de l'anse du fort royal. Saint-Malo.

La presqu'île granitique de Quiberon serait de même une île, si la mer ne l'avait liée au continent d'une manière analogue. Mais ici le phénomène est plus étendu. Au lieu d'un simple cordon, il y a deux levées de sable qui partent du fort Penthièvre et vont en divergeant s'appuyer sur la terre ferme. Elles forment chacune de son côté le contour d'une anse arrondie, et elles tournent l'une vers l'autre les convexités de leurs courbures. Dans l'espace qu'elles laissent entre elles s'étendent des dunes et des étangs. Quiberon.

La Manche présente aussi beaucoup de levées de sable et surtout de galet. Je citerai d'abord comme exemple l'entrée de la vallée de la Béthune à Dieppe. Dans la figure IV, planche 3, *ff* sont des falaises de craie assez élevées; *r* est l'entrée de la Béthune; *p* le port. La ville se trouve située sur un terrain plat, protégé par une levée de galet *g*, qui vient jusqu'à l'entrée du port. La mer agite ce galet et tend à le pousser dans une certaine direction, qui est le plus souvent celle de l'ouest à l'est, parce que les vents prédominent dans cette direction, et que les vagues, qui viennent rencontrer le rivage, ont le plus souvent, dans les gros temps, la disposition indiquée par les lignes courbes ab, $a'b'$, $a''b''$, de manière qu'une même vague vient briser successivement en b, b', b''. De là la nécessité de construire des jetées d, d', très-solides, qui débordent le banc de galet, afin que ce galet ne remplisse pas l'entrée du port. Malgré cette précaution, le galet dépasse quelquefois la jetée et vient obstruer le port. On n'a pas trouvé de meilleur moyen pour déblayer le chenal, que de retenir, par une écluse, les eaux de la rivière gonflée par la marée. On ouvre cette écluse quand la mer est basse, et il en résulte un courant très-rapide, *une chasse*, qui emporte une partie du galet dans la mer. Ce moyen s'emploie dans presque tous les ports sujets à s'obstruer : cela ne se fait pas sans une dépense considérable, qui est un témoignage de la puissance des phénomènes que les ingénieurs ont à vaincre pour maintenir l'entrée des ports dans un état constamment praticable.

Les côtes de l'Angleterre présentent une foule

d'exemples analogues à ceux que je viens de décrire. M. de La Bèche cite le suivant, sur la côte méridionale du Devonshire. La mer a entassé au fond de la baie de Start, sur une longueur de 8 à 10 kilomètres, une levée de petits galets quartzeux; en arrière de la levée, qui barre les entrées de cinq vallons, s'étend un espace d'une certaine largeur situé au-dessous des hautes marées; dans cet espace il y a deux étangs qui communiquent l'un avec l'autre. Ils sont ordinairement remplis d'eau douce, qu'ils reçoivent de plusieurs petites rivières dont les dépôts ont comblé presque entièrement l'étang supérieur; elle filtre dans la mer à travers la levée de galet. Ces étangs renferment des poissons d'eau douce: truites, perches, brochets; il y a aussi quelques poissons de mer (carelets), qui sont habitués à l'eau douce. Quelquefois la mer fait irruption dans les étangs en s'ouvrant un passage à travers les levées de sable. Dans le mois de novembre 1824, pendant une violente tempête, la mer a rompu la digue et a fait invasion dans les étangs : tous les poissons d'eau douce sont morts, excepté ceux qui ont pu remonter dans la rivière. La mer a réparé elle-même ce ravage; la brèche s'est refermée, les eaux des étangs sont redevenues douces et les poissons d'eau douce les ont repeuplées. *Start-bay.*

Il y a dans la Manche une espèce d'île qu'on appelle l'*île de Portland :* elle présente des côtes escarpées. Derrière cette île se trouve la *baie de Weymouth;* puis un bras de mer très-prolongé, appelé *Fleet*. Ce dernier est séparé de la mer par une levée de galet de 16 milles anglais, ou 26 kilo- Ile de Portlan *Chesil-bank.*

mètres de longueur, appelée *chesil-bank.* J'ai dit, une espèce d'île, parce que tant que la levée conserve sa continuité dans toute sa longueur, l'île de Portland n'est réellement qu'une presqu'île; mais la violence de la mer y détermine souvent des ruptures, et alors la masse rocheuse, qui n'est liée à la côte voisine par aucune crête de terrain invariable, devient une île véritable. La côte est formée par des couches de roches peu solides, et qui s'arrondissent par la seule action des agents atmosphériques, mais qui ne se dégradent pas et ne forment pas de falaises, parce que le *chesil-bank* les protége contre les vagues du large. Il est remarquable que les galets dont se compose le *chesil-bank* vont généralement en augmentant de grosseur de l'ouest à l'est. La figure 4, planche IV, représente une section qui coupe la côte *a*, le *chesil-bank b*, et entre les deux l'étang salé *f*, qui les sépare et qui est désigné sous le nom de *Fleet.*[1]

Les marées ne sont pas aussi nécessaires pour la production des levées de sable ou de galet que pour celle des dunes. L'absence de marées sensibles dans certaines mers est même cause que ces levées et les lagunes qu'elles protègent se dessinent avec une netteté particulière.

Sur les côtes de la mer Baltique il y a plusieurs exemples très-remarquables de ce genre de phénomène.

Curische Nehrung.

Memel, dernier port de la Prusse, en allant du côté de la Russie, se trouve à l'entrée d'un très-grand

1. De la Bèche, Manuel géologique, traduit de l'anglais par M. Brochant de Villiers, page 91. Paris, Levrault, 1833.

étang d'eau salée ou lagune, appelée *Curische Haff*, dans lequel se jette le Niémen. Cet étang (voyez fig. 5, pl. IV) est séparé de la mer Baltique par une digue très-étroite appelée *Curische Nehrung* : il a 110 kilomètres de longueur, et ne communique avec la mer que par un passage assez étroit et peu profond, où il existe une espèce de *barre*. Le port de Memel, situé en dedans de la barre, est vaste, sûr et profond.

Dans la mer Baltique il n'y a pas de marée sensible; mais les vents, suivant la direction dans laquelle ils soufflent, peuvent accumuler l'eau sur l'une ou l'autre côte de cette mer. Par suite de cette circonstance, la profondeur varie sur la barre de Memel de 4 à 6 mètres : les grands vaisseaux sont obligés de décharger en partie en dehors de la barre.

La langue de terre qui sépare l'étang de la mer, n'est qu'un entassement de sables rejetés par la mer et en partie couverts de végétation. Elle a assez de largeur et de solidité pour qu'on ait pu y établir une route de poste.

Les embouchures de la Vistule vont nous offrir un autre exemple du même phénomène.

Une langue de terre d'une courbure assez régulière, le *Frische Nehrung* (fig. 5, pl. IV), formée de sables accumulés et en partie couverts de végétation, et sur laquelle existent plusieurs lieux habités, sert de clôture à une grande lagune de 100 kilom. de longueur, le *Frische Haff*, qui reçoit les eaux du Pregel et de deux bras de la Vistule. Le port de *Pillau* est situé à l'entrée de cette lagune dans une position Frische Nehrung.

analogue à celle de Memel, en dedans d'une barre sur laquelle il n'y a que 3 ou 4 mètres d'eau. Les vaisseaux d'un fort tonnage sont obligés de jeter l'ancre en dehors de cette barre.

L'entrée du *Frische Haff* a 3,500 mètres de largeur. Elle est assez étroite pour que les Dantzikois aient eu une fois l'idée de l'obstruer; entreprise à laquelle les Prussiens s'opposèrent à main armée. Elle a subi, dit-on, de nombreux changements par l'action de diverses tempêtes arrivées de 1311 à 1510. Quant aux légendes, d'après lesquelles le *Frische Nehrung* tout entier aurait été produit par une tempête, M. de Hoff les range lui-même parmi les fables, et il cite des descriptions du neuvième siècle qui sont conformes à l'état actuel des choses.[1]

Le cordon littoral du *Frische Nehrung* se prolonge beaucoup plus à l'ouest que le *Frische Haff* dans son état actuel, et dépasse même la rade de Dantzig. L'une des routes de poste de Dantzig à Kœnigsberg le suit dans toute sa longueur, et c'est ainsi en longeant le rivage qu'elle traverse toutes les embouchures de la Vistule et du Pregel. La Vistule éprouve tout près de la côte une bifurcation qui la partage en deux bras, dont l'un tombe dans le *Frische Haff*, tandis que l'autre va passer sous les murs de Dantzig. Il est très-probable que cette bifurcation est due à l'existence du cordon littoral. On pourrait supposer que le *Frische Haff* s'étendait dans l'origine jusqu'à Dantzig et peut-être au delà, mais que les dépôts de la Vistule en ont comblé

1. Von Hoff, *Veränderungen der Erdoberfläche*; tome I.er, page 70.

une partie. Les terrains bas situés en arrière de cé cordon littoral, où la Vistule se ramifie, ont plus d'un rapport avec la Hollande : ce sont, pour ainsi dire, les *Pays-Bas baltiques*. Pays-Bas baltiques.

Au nord-ouest de Dantzig la côte de Prusse est encore bordée par un cordon littoral derrière lequel se trouvent plusieurs lagunes plus petites que les précédentes, et dont chacune n'a qu'une ouverture étroite. Ce cordon littoral, en se prolongeant à l'est, forme la longue pointe de Héla, qui s'étend de manière à fermer en partie la baie de Dantzig, qu'elle semble tendre à convertir elle-même en lagune. Pointe de Héla

L'embouchure de la Duna, près de Riga, est barrée, comme celles du Niémen et de la Vistule, par un cordon littoral sablonneux duquel partent des dunes. Embouchure de la Duna.

L'Oder, comme la Vistule, se répand dans une lagune fermée par un groupe d'îles dont la continuité est due à une langue de terre très-étroite. Il verse ses eaux dans la mer Baltique à travers plusieurs ouvertures d'un long cordon littoral qui sert de clôture à cette lagune qui est divisée en deux parties, qu'on appelle *grosse Haff* et *kleine Haff*. Cette lagune aboutit à la mer en trois endroits principaux, entre lesquels s'étendent deux îles basses, très-étroites dans quelques parties, larges dans d'autres : l'île *d'Usedom* et l'île de *Wollin*. Les vaisseaux d'un fort tonnage ne peuvent pénétrer dans la lagune. Il n'y a que les vaisseaux tirant moins de 2 à 3 mètres qui puissent remonter jusqu'à Stettin. Les autres sont obligés de décharger en dehors. On a construit à l'une des ou- Embouchure de l'Oder. Usedom et Wollin

vertures deux jetées, qui forment le port de Swinemünde. Il n'y avait sur la barre que 2 mètres d'eau; mais on a dragué, et aujourd'hui on peut faire arriver des vaisseaux tirant de 19 à 21 pieds d'eau (6 mètres à 6 mètres et demi) jusqu'à Swinemünde, qui est situé un peu en dedans de la barre.

La mer Baltique, par des causes que nous étudierons plus tard, ne présente de faits bien marqués de ce genre que dans sa partie méridionale; mais toutes les côtes de la Méditerranée fourmillent d'exemples de cordons littoraux, dont un grand nombre servent de clôture à des lagunes plus ou moins étendues.

Cordons littoraux des côtes de la Corse et de la Sardaigne.

En Corse, l'étang de Diana et d'Urbino, entre le Golo et le Fium-Orbo, et l'étang de Palo, au sud du Fium-Orbo, doivent leur existence à des cordons littoraux.

Il en est de même de l'étang de Biguglia, qui au sud de Bastia reçoit la rivière Bevinco.

Le golfe de Calvi est terminé par une plage demi-circulaire, sur laquelle s'élèvent des dunes et derrière laquelle s'étendent des marais que traversent le Ficarello et d'autres torrents.

L'embouchure du Liamone se replie derrière une levée de sable; il en est de même de celle du Tavaria et de plusieurs autres rivières de la même île et de celle de Sardaigne.[1]

Rade de Toulon; *les sablettes.*

A Toulon, la rade est protégée par le massif élevé de la presqu'île de Saint-Mandrier; c'est une montagne rocheuse terminée par le cap Cepet. De loin

1 Cartes marines des côtes de Corse, par M. Hell, publiées au dépôt de la marine.

on croit voir une île, parce qu'on n'aperçoit pas sa liaison avec la terre ferme, formée par une levée de sable appelée *les sablettes*.

Non loin de Toulon sont les îles d'Hyères et la presqu'île d'Hyères, qui termine la rade de ce nom, Cette presqu'île est élevée comme les îles Hyères elles-mêmes, auxquelles elle ressemble en tous points. Elle formait originairement une île; mais elle est maintenant réunie à la terre ferme par un terrain plat, bordé par deux longs cordons littoraux entre lesquels existe un étang, l'*étang du Pesquier*, qui ne communique avec la mer que par une seule ouverture. Presqu'île d'Hyères.

Plus près de la ville d'Hyères se trouve un autre étang du même genre, appellé l'*étang de Fabrègues*, à côté duquel on voit des salines très-étendues, nommées les *salins d'Hyères*.

Sur la plage de Bormes on voit plusieurs ruisseaux se terminer dans de petits étangs derrière une levée de sable. Il en est de même dans la rade d'Agay.

Le littoral de l'Italie offre un exemple dont sont frappés tous ceux qui parcourent les côtes de Toscane en bateau à vapeur. Sur ces côtes s'élève une montagne assez proéminente, appelée le *mont Argentaro*: elle est très-dentelée et composée de roches cristallines. Elle se présente de loin comme une île, et ne tient, en effet, à la terre ferme que par une langue de terre basse, formée par deux cordons littoraux. Dans l'intervalle de ces deux levées il y a un étang, joint à la mer par un canal. La ville d'Orbitello a son port dans l'intérieur de cet étang. *Monte Argenta*

Monte Circeo; marais Pontins.

Les marais Pontins paraissent résulter du comblement d'une lagune du même genre, circonscrite par deux levées de sable, qui se dirigent de la terre ferme vers le *monte Circeo,* primitivement isolé au milieu de la mer.

Magnisi.

Sur les côtes de Sicile on remarque la presqu'île de Magnisi, jointe à la terre ferme par un banc de galets, qu'on appelle la Chaussée. Ce banc s'élargit, et, dans la partie la plus large il y a un étang et des salines.

Scherschell.

En Algérie, la ville de Scherschell se trouve dans le même cas. Il y a une masse rocheuse réunie à la terre ferme par un grand banc de galets.

Gibraltar.

Gibraltar est une montagne très-élevée, formée de rochers escarpés, et formerait une île, s'il n'y avait une plage de sable entre Gibraltar et la terre ferme.

Examinons maintenant les côtes d'Espagne. Au nord du cap Palos il y a une petite île, puis des rochers qui font face à l'île, et dans l'intervalle un banc de galets et de sable; en arrière s'étend un grand étang qu'on appelle la Petite mer.

L'Albuféra de Valence.

Plus au nord se trouve Valence. Depuis l'embouchure de la rivière qui se jette dans la mer à Valence, jusqu'au cap *Cullera,* formé de rochers, il existe une ligne de rivage uniforme, qui résulte encore d'un entassement de sable ou de galets opéré par la mer. En arrière de ce cordon littoral se trouve un marécage très-étendu, qui reçoit deux rivières, et qu'on appelle l'*Albuféra:* il est très-poissonneux et peuplé d'un grand nombre d'oiseaux d'eau. Ce marécage est une propriété considérable; il constitue

la plus grande partie du duché d'Albuféra, qui en a pris son nom.

L'embouchure du Rhône présente au point de vue qui nous occupe des phénomènes d'une nature particulière, sur lesquels je reviendrai plus d'une fois. A partir des bouches du Rhône, la côte affecte jusqu'à Cette une courbure très-régulière : cette ville est adossée à un rocher, et celle d'Agde est située à la base de petites montagnes volcaniques, qui forment également un point d'appui pour la côte. Ensuite vient une côte régulière, qui s'étend, avec de très-légères inflexions, jusqu'à Collioure. La côte, telle qu'elle résulterait de l'intersection de la surface de la mer avec les roches en place, aurait une configuration beaucoup plus compliquée. L'intervalle entre les deux lignes est rempli par une foule d'étangs. A partir de Cette commence un grand étang, composé de trois parties, appelées l'étang de Maguelone, l'étang de Pérols et l'étang de Mauguio. Ce dernier s'étend presque jusqu'à l'embouchure du Rhône : dans l'origine il a reçu probablement les eaux du Rhône, et il reçoit encore maintenant les eaux de plusieurs rivières. Cet étang n'est séparé de la mer que par une digue de sable; de l'autre côté des étangs se déploie un rivage très-plat, qui est le bord de la terre ferme proprement dite. Étangs du Languedoc et de Roussillon.

De l'autre côté de la montagne de Cette, entre Cette et Agde, s'étend l'étang de Thau; puis, près de Narbonne, et plus au sud, se trouvent encore divers étangs, dont le plus considérable est celui de Leucate.

Leur origine indiquée par Astruc.

Tous ces étangs doivent leur origine à la mêm circonstance. Si vous faites une coupe, vous la trou verez toujours analogue à celle représentée par figure 6, planche IV. « Il est visible, dit Astruc, qu les étangs qui s'étendent le long de la côte du ba Languedoc, depuis Aigues-Mortes jusqu'à Agde, on fait partie autrefois de la mer même, dont ils n'on été séparés que par un long banc de sable qui s'e formé entre eux, connu sous le nom de *la plag* Leur situation, leur niveau avec la mer, la salu de leurs eaux, ne permettent pas de douter de fait. »[1] L'analogie des *plages* du Languedoc avec l *Nehrungen* de la Baltique a frappé plusieurs au teurs, et particulièrement M. de Hoff.[2]

Ils ont été séparés de la mer par la formation de la plage.

Ils existaient déjà du temps de Pline.

Les étangs existaient déjà du temps de Pline, qu en décrivant la province narbonnaise, remarqu qu'il y avait peu de villes à cause des étangs q s'y trouvaient. *Oppida de cetero rara, præjacen tibus stagnis* (*Hist. nat., lib.* 3, *cap.* 4).[3]

La même chose a lieu en Égypte. Il y a près d l'embouchure du Nil des étangs analogues à ceu qui existent près de l'embouchure du Rhône. Te sont le lac *Menzaleh*, le lac *Bourlos* et la lagu d'*Edkou*, séparés de la mer par des digues trè étroites.

Ces phénomènes ne sont pas particuliers à n climats. Les côtes des mers tropicales y sont sujett comme les nôtres. M. de la Bèche en a observé d exemples à la Jamaïque. Il en décrit un dans so

1. Astruc, Mémoires pour l'hist. nat. du Languedoc, p. 37
2. Von Hoff, *Veränderungen der Erdoberfläche*; tome I.er, p. 36
3. Astruc, *loc. cit.*, page 371.

Pl. V.

MEXIQUE



100
98
90
88
32
30
28
26
24
22
20
18
R. Colorado de Texas
R. Brazos de Dios
R. Trinidad
Mobile
Flint R.
Bᵉ de Sᵗᵉ Rose
Bᵉ S. Andre
Bᵉ S. Joseph
Talahas
Guarda de Cavallo
S. Antonio
Dauphin
C. S. Blaise
S. George
Passe Cabello
I. Matagorda
Barre Espiritu Santo
I. S. Joseph
Entrée d'Arensas
I. Merlang
Passe Corpus Christi
Lagunes del Madre
Barre de Santiago
Barre Chica
Barre R. Grande del Norte
S. Francisco
Boquillas Cerradas
45 Mètres
170 Mètres
186 Mètres
Barre de Santander
Tropique du C
Barre de la Trinidad
Barre Ciega
Tampico
Lag. de Tamiagua
C. Rojo
Barre de Tanguyo
Barre de Tuxpan
Boca de Lima
pte Delgada
pte Anton Lisardo
Barre d'Alvarado
VERACRUZ
P. Colorados
C. S. Antonio
I. Contoy
C. Catoche
I. Cozumel
Dét. de Cordova ou Cᵃˡ du Yucatan
Bᵉ de l'Ascension
Pas des Canots
C. Ambergris
Bᵉ de Espiritu Santo
TEXAS
MEXIQUE
GOLF
XIQUE
DES
M

rage intitulé *Sections and views illustrative of logical phænomena.* Le lac, dont la figure 7, nche IV, représente la coupe, « est défendu contre mer par un banc de galets qui offre une petite erture au-dessus du niveau ordinaire de la mer; t par cette ouverture que s'écoulent les eaux du , qui est formé par l'écoulement des pluies, et ce qu'il peut y arriver d'eau de la mer par-sus le banc de galets dans les grandes tempêtes. te digue naturelle a été formée évidemment par vagues. Au reste, ce lac n'est point une excep-n : il en existe, vers l'est, d'autres qui sont plus nsidérables.

Il est habité par des crocodiles (*crocodilus acu-*, Cuv.) et par des poissons de mer : ces derniers y probablement été rejetés par les vagues lors des npêtes, et ils se sont habitués peu à peu à l'eau mâtre du lac. Il serait essentiel, pour les géo-ues, que l'on étudiât à fond les lacs de ce genre s le rapport zoologique, afin de voir jusqu'à quel nt des animaux d'eau douce et marine peuvent re et se multiplier dans une même nappe d'eau. fond de ces lacs est une vase molle, dans laquelle crocodiles s'enfoncent lorsqu'ils sont poursuivis; te vase est formée probablement par les détritus rriés par les cours d'eau, et par la décomposi-n de matières animales et végétales. C'est dans te vase que les mangliers prennent racine. »[1]

Le golfe du Mexique présente de nombreux exem-

. Coupes et vues pour servir à l'explication des phénomènes ogiques; par M. H. T. de la Bèche; édition française, publiée M. H. de Collegno; Paris, Pitois-Levrault, 1839.

ples de lagunes littorales du même genre. Elles
mencent presque à la pointe nord-est de la
qu'île de Yucatan. Les plus considérables su
côtes méridionales du golfe, d'après la nouvelle
publiée en 1843 par le dépôt de la marine,
celles de Terminos, de Santa-Ana et d'Alvarado
la côte occidentale il en existe un grand nom
dont les plus étendues sont celles de Tamiagu
del Madre. Sur la côte nord se trouvent les lag
de Galveston, de Sabine et l'anse de Hostione
anse aux huîtres : le Delta du Mississipi en emb
plusieurs autres. Enfin, les côtes de la Floride
dentale en présentent une longue série, qui s'é
jusqu'à la baie d'Apalache. Ces lagunes rappe
complétement, par leurs formes, celles de la
Baltique, celles de Venise, les étangs du Lan
doc., etc.

Lagunes ou étangs qui bordent les côtes du golfe de Mexique.

La plus longue de toutes, la lagune del Ma
ressemble tout à fait à celles qui bordent les la
de la Gascogne, ou du moins à ce que de
draient celles-ci, si le bassin d'Arcachon et les ét
de Bicarosse et autres tenaient les unes aux a
d'une manière continue depuis la Gironde jus
l'Adour; les dunes de la côte de Gascogne fo
raient alors une longue île tronçonnée, dont
del Padre et les autres îles qui bordent la la
del Madre, offrent tout à fait l'image. Les rensei
ments imparfaits que nous possédons sur ces c
permettent de supposer que telle est, en effet,
constitution.

Analogie avec les côtes de Gascogne.

« Aux environs de la Vera-Cruz, dit M. S
Clair Duport, la côte du golfe du Mexique

Environs de la Vera-Cruz.

peu d'attraits au géognoste. A quelques lieues du bord de la mer le sol se compose de sable qui, sur plusieurs points, forme des dunes mouvantes presque dénuées de végétation, et qui augmentent par rayonnement la température de l'air au point de la rendre insupportable. Les roches ne se montrent nulle part à découvert, et les pierres de construction sont même tellement rares, à l'exception des roches madréporiques (*piedra de mucara*), avec lesquelles on a bâti le château d'Ulloa et une partie de la ville de la Vera-Cruz, que l'on trouve en ce moment avantage à faire venir, toutes taillées de New-York, les pierres employées à la construction d'un édifice pour la douane et aux réparations du môle de la Vera-Cruz. »[1]

« Sur la côte orientale du Mexique, celle qui borde le golfe de ce nom, il n'y a pas un seul bon port. On y trouve, à la vérité, les rivières de *Tula*, de *Tampico* et de *Tabasco*, mais elles ont des *barres* à leurs embouchures qui empêchent que de grands vaisseaux puissent y entrer. »[2] Mauvais ports

Ces côtes présentent même une longue série de ports qui portent le nom de *barres*, telles que la *barre d'Alvarado*, la *barre de Tuxpan*, la *barre de Tanguijo*, la *barre de Tampico*, la *barre de Ciega*, la *barre de la Trinidad*, la *barre de Tardo*, la *barre de Santander*, la *barre de Santiago*, la *barre d'Espiritu-Santo*, la *barre de Saint-Bernard*, la *barre del rio Sabina*. M. Burkart, conseiller des Barres.

1. Saint-Clair Duport, De la production des métaux précieux au Mexique.

2. Mac-Culloch, Dictionnaire géographique; tome II, p. 314.

mines de Prusse, qui a résidé plusieurs années au Mexique, donne sur ces barres, et sur celle de Tampico en particulier, les détails suivants :

Barre et lagunes de Tampico.

« Les rivières du Mexique, bien que leur cours ne soit pas très-long (excepté toutefois le Rio-Bravo del Norte), entraînent une grande quantité de sable, d'argile et de gravier, qu'elles jettent dans la mer à leurs embouchures. Ces dépôts, qui portent le nom de *barres*, empêchent les grands vaisseaux de pénétrer de la mer dans les rivières. Ils sont très-préjudiciables au commerce, parce qu'ils s'élèvent ordinairement jusqu'à quelques pieds seulement de la surface, et changent souvent de place par l'effet des crues et des tempêtes.... Le *rio Tampico* est fermé par une barre de cette espèce, sur laquelle il n'y a que 2,^{m}20 à 3 mètres d'eau.... Près de l'embouchure du *rio Tampico* il n'y a que quelques huttes de pêcheurs et de mariniers, appelées *barre de Tampico*... La ville de *Pueblo-viejo-de-Tampico* se trouve à cinq lieues (2 myriamètres) plus haut. Dans tout l'intervalle les bords de la rivière sont plats, non cultivés, couverts de broussailles peu élevées, dans lesquelles vivent un grand nombre d'oiseaux de terre et d'eau. La rivière, aussi bien que les lagunes qui se trouvent plus haut en communication avec elle, sont peuplées d'alligators. »

Plus loin, M. Burkart mentionne des dispositions locales, dans lesquelles on reconnaît aisément l'action exercée par les rivières pour se tracer un lit à travers les lagunes littorales, en formant des digues sur leurs bords par l'effet de leurs propres alluvions.

Près de Tampico s'élèvent de petites collines composées de diverses roches : de l'une d'elles, appelée la *mira*, on a une belle vue de la mer, des *lagunes de Tampico* et de la contrée adjacente.

« *Pueblo-viejo-de-Tampico* se trouve sur la rive occidentale de la grande lagune de Tampico, qui n'est séparée que par une langue de terre étroite du bras principal de la rivière, avec laquelle elle communique par un canal naturel situé en face de la ville.

« *Tampico-de-Tamaulipas,* qui est devenue la ville principale, est située au sud-ouest de la *barre,* sur la rive gauche de la rivière, entre celle-ci et la lagune de *Carpintero.* »[1]

Cette dernière confine à une autre lagune très-grande, celle de Tamiagua, qui est séparée de la mer par une digue extrêmement longue et étroite, laquelle se termine à la barre de Tanguijo. Depuis cette barre jusqu'à celle de Tampico, sans interruption, règne un long cordon de littoral étroit, derrière lequel s'étendent ces différentes lagunes.

La grande *lagune del Madre,* située au nord du rio del Norte, présente plusieurs passes qui la font communiquer avec la mer; l'une d'elles est appelée *barre de Santiago;* une autre, *barre d'Espiritu-Santo,* etc. Lagune *del Madr*

On trouve ensuite le Texas, qui nous présente une longue île étroite, appelée l'île Saint-Louis ou de Galveston, et derrière une série de lagunes.

« Toutes les rivières du Texas tombent dans le Barres et lag du Texa

1. J. Burkart, *Aufenthalt und Reise in Mexico;* tome I.er, pages 23 à 36.

golfe du Mexique, ou plutôt (excepté le Brazos d Dios) dans les *baies* ou *lagunes*. Ces dernières or une grande ressemblance avec les *haffs* qui se trou vent sur la côte méridionale de la mer Baltiqu excepté qu'elles sont sur une beaucoup plus grand échelle. La côte, comme l'a indiqué M. de Hum boldt, présente des obstacles formidables à la na vigation dans les longues, basses et étroites langu de terre par lesquelles elle est défendue et qui bo dent les lagunes, par le manque de ports pour d vaisseaux tirant plus de 12 pieds et ½ d'eau (4 mèt et par les *barres* aux embouchures des rivières. »[1]

Analogie avec les *haffs* de la mer Baltique.

De Tuxpan à Galveston le cordon littoral du gol du Mexique, bordé intérieurement de lagunes pre que continues, présente un développement de 18 lieues marines (100 myriamètres); développemen qui surpasse d'un tiers environ celui de tout l cordon littoral de la partie méridionale de la me d'Allemagne, depuis Calais jusqu'à l'Elbe.

La baie de Galveston forme le principal port d Texas. En continuant à suivre la côte, on rencontr une grande lagune dans laquelle tombe la rivièr Sabine, et qui a pour entrée la barre del rio Sa bina; puis quelques autres lagunes plus petites, jus qu'à ce qu'on arrive au Delta du Mississipi.

arres et lagunes entre Missisipi et la Floride.

De l'autre côté du Mississipi la même dispositio se présente de nouveau. Depuis le Delta du Mississip jusqu'à la baie d'Apalache, à partir de laquelle l Floride se détache de la masse du continent, la côt est bordée de baies et de lagunes, en avant desquelle on trouve des îles plates et sablonneuses, allongée

1. Mac-Culloch, Dictionnaire géographique; tome II, p. 314

dans le sens du littoral ou des péninsules de même forme et de même origine, rattachées à la côte ferme par des atterrissements modernes. En commençant à la baie d'Apalache pour revenir vers l'ouest au Mississipi, on trouve d'abord l'île Saint-George, puis la baie de San-José, qui est une grande lagune enveloppée par une espèce de crochet, et dont la courbe saillante est appelée cap San-Blas; ensuite la baie de Saint-André, qui est également une grande lagune avec un cordon du même genre; la baie de Santa-Rosa et la longue île de Santa-Rosa, derrière laquelle se trouve la baie de Pensacola offrant plusieurs ramifications; puis la pointe de Mobile, formant la baie dans laquelle se jettent les rivières d'Alibamous et de Mobile; et enfin une série de barres et de petites îles qui vont jusqu'à l'embouchure du Mississipi.

A l'entrée de la baie de Mobile il y a une barre sur laquelle on trouve 15 pieds (4,^{m}57) d'eau à mer basse; mais il existe des bancs en dedans de l'entrée qui font qu'il n'y a que les vaisseaux tirant seulement 8 à 9 pieds (2,^{m}½) d'eau qui puissent arriver jusqu'à la ville.

« Le meilleur port de tout le golfe du Mexique est celui de Pensacola, à l'extrémité d'un petit bassin fluvial du même nom, qui est situé entre ceux de la Mobile et de l'Alphalachicola. Il y a sur la barre 7 mètres d'eau. Ce littoral, bordé de lagunes, offre par là même aux petits navires du cabotage une ligne de navigation intérieure presque continue, dont on pourrait tirer un parti fort avantageux au moyen de quelques travaux. »[1]

1. Michel Chevalier, Des voies de communication aux États-Unis; tome I.er, page 81.

Barres et lagunes sur les côtes atlantiques des États-Unis.

« Les côtes des Carolines et de la Géorgie sont de même bordées de lagunes, qui, se développant parallèlement au littoral presque sans interruption depuis le cap Hatteras jusqu'au cap Féar, et de Charleston jusqu'en Floride, y établissent une ligne de navigation intérieure qu'il serait aisé de compléter, et dont le commerce tire parti depuis longtemps, quoiqu'on se soit peu occupé de la perfectionner. »[1]

Dans cette partie méridionale du littoral atlantique des États-Unis, les rivières ont généralement des barres. La rivière Saint-Jean a 5 mètres d'eau à la barre, puis 5 à 6 mètres et au moins 4 sur une longueur de 300 kilomètres. L'Alatamaha a 4,^{m}50 à la barre, puis un peu plus jusqu'au delà de Darien. La barre de Savannah est recouverte de 5,^{m}50 d'eau, et les bateaux à vapeur la remontent jusqu'à Augusta.[2]

Barres sur les côtes des mers intérieures et des lacs.

Les côtes des mers intérieures et des grands lacs offrent des phénomènes analogues. On en verra de très-beaux exemples sur la carte de la mer Noire et de la mer d'Azof, par M. Hommaire de Hell. Les bords de la mer Caspienne sont dépourvus de ports profonds; les fleuves qu'elle reçoit offrent à leur embouchure des barres formidables ou des rochers.... Les lacs américains, l'Ontario excepté, étaient pareillement privés de ports naturels. Les navires ne peuvent y aborder qu'à l'embouchure des rivières; et jusqu'à ce que les ingénieurs américains fussent intervenus, ces embouchures, toutes barrées par

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 29.
3. *Idem*, *ibid.*, page 29.

des sables, étaient inabordables pendant la presque-totalité de l'année : aucune n'avait à la barre plus de 2 mètres d'eau, et très-peu avaient cette profondeur.[1]

En général, cette forme de côtes est très-répandue, et je crois que je n'exagère pas, en disant qu'il y a un tiers des côtes du globe qui doivent leur configuration à des phénomènes de ce genre : elles sont plus arrondies qu'elles n'étaient destinées à l'être, si la mer eût été parfaitement calme.

Un tiers des côtes du g doivent leur configur à ces phénom

Le fait de l'existence d'une *barre* à l'entrée d'un grand nombre de rivières est un des plus notoires parmi ceux auxquels la navigation est subordonnée. C'est un grand fait naturel, qui témoigne du changement de régime que les eaux éprouvent en s'éloignant des larges espaces ouverts et profonds qui sont les centres d'agitation de la surface de la mer. Les localités privilégiées, où ce changement de régime, cet amoindrissement de l'agitation, n'a pas amené d'ensablement, sont fort rares. Ce sont les *ports* par excellence : Rochefort, Brest, Plymouth, Portsmouth, Londres, Anvers en sont des exemples.

De tout cela il résulte que la mer, dans les endroits où elle n'a pas une grande profondeur, modifie la forme de son lit, en entassant les matières qu'elle met en mouvement, et en donnant au fond une certaine inclinaison qui est plus en harmonie avec ses mouvements. Elle agite les matières qui le couvrent, et elle tend à en élever une partie sur ses bords sous la forme d'un cordon qui marque les limites de son domaine. Les barres sont le prolonge-

Remarqu générales su cordons litto et les barr

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 39.

ment sous-marin de ces levées de galet, de ces accumulations de sable qui forment les dunes, qui seulement sont tracées un peu au-dessus du niveau des hautes mers. Au moyen de ce mécanisme la mer se renferme pour ainsi dire chez elle.

Cette ligne extrême de la terre, sur laquelle la mer vient exercer toutes ses fureurs, et qu'on peut appeler *la ligne des barres,* a frappé l'attention dans tous les temps. C'est à elle que s'applique cette phrase si souvent répétée « *tu viendras jusque là et tu n'iras pas plus loin; c'est là que tu briseras l'orgueil de tes vagues!* »

C'est à l'entrée des rivières qu'on a le plus d'occasions d'observer les barres.

En général, la mer obstrue les entrées des rivières, et celles-ci ont une profondeur assez considérable à une certaine distance de leur embouchure. En se rapprochant de la mer, il y a un endroit moins profond; c'est cet endroit qu'on appelle *la barre.* En dedans de la barre on est en rivière, en dehors on est en mer. La rade est en dehors, le port est en dedans. La question difficile pour entrer en rivière, n'est pas de franchir un endroit plus étroit, mais de passer l'endroit où les matières s'entassent et où la mer brise avec plus de force. Les matières ainsi entassées ne laissent que le vide nécessaire pour donner passage aux eaux de la rivière. Si elles s'entassaient plus haut, les eaux seraient arrêtées, et il se produirait une écluse de chasse naturelle : c'est là ce qui limite la hauteur de la barre.

D'après les exemples que j'ai cités et que j'aurais pu multiplier beaucoup, que je serai même con-

duit à multiplier dans les leçons subséquentes, il est rare que sur une barre il y ait plus de 6 mètres d'eau à basse mer; il y en a généralement beaucoup moins.

La ligne de démarcation du domaine de la mer n'est cependant pas toujours aussi tranchée que dans les exemples nombreux que je viens d'indiquer: il y a des exceptions importantes à noter. Quelquefois, par suite de circonstances locales, le cordon ne se forme pas, les choses s'arrangent autrement. Suivant ces circonstances, cette barre peut devenir un ensablement très-long, comme l'Elbe et la Seine en offrent des exemples; mais le plus souvent il est très-court. Cas particulier où il ne se forme pas de barres.

Quand le phénomène, tel que je l'ai décrit, ne se produit pas, il se produit quelque chose d'équivalent.

Ainsi le Rhin, la Meuse et l'Escaut viennent se jeter dans un terrain bas, qui présente beaucoup d'analogie avec les lagunes qui nous occupent. Le Zuyderzée peut être considéré comme une lagune de cette espèce.

L'Ems se jette à 50 kilomètres de la mer dans une lagune. A l'extrémité orientale de la lagune, qui s'appelle le Dollart, est le port d'Emden : la lagune est séparée de la mer par une ligne d'îles et de bancs de sable.

Mais l'Elbe présente des dispositions différentes : il y a seulement à son embouchure des bancs de sable très-nombreux et très-irréguliers. Exemple de l'Elbe.

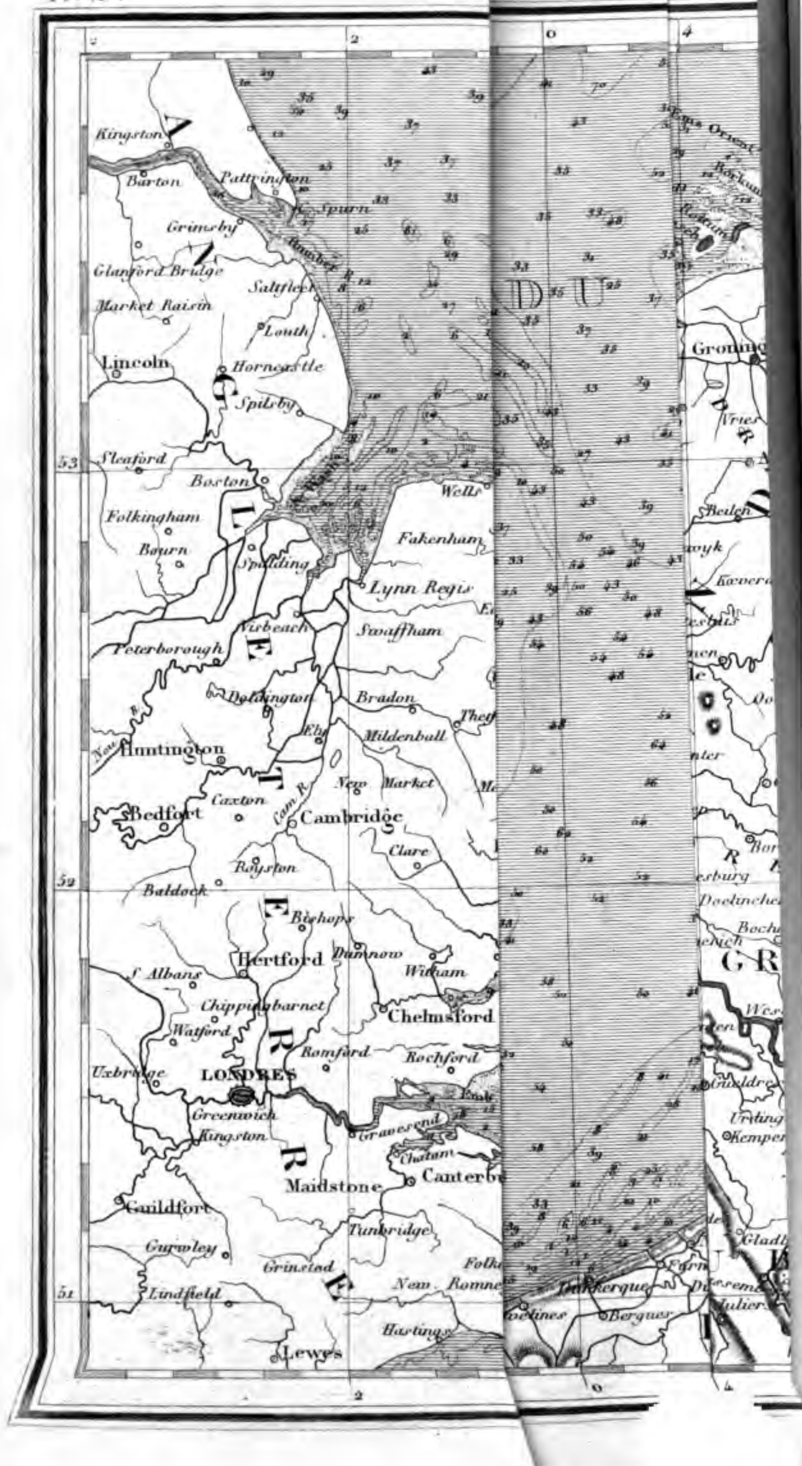
La Seine n'a pas de barre; elle présente, comme vous le savez, une large embouchure; mais il s'y

élève une digue de galets qui vient jusqu'à l'entrée de la rivière. Le Hâvre est situé, comme Dieppe, sur un terrain plat, protégé par une levée de galet, et son port étant continuellement obstrué par ce galet, il a fallu établir une *écluse de chasse*. Cependant le phénomène n'a pas eu assez d'énergie pour former une digue continue en travers de l'ouverture de la Seine et produire une lagune. La Seine est obstruée à son entrée ; mais cette obstruction est étendue sur une longueur de plus de 60 kilomètres : elle va à peu près jusqu'à la Meilleraie ; audessus de ce point la Seine est très-profonde.

Estuaires. Ces larges embouchures, où la mer entre sans obstacles et dont elle façonne le fond à son gré, sont souvent nommées *estuaires* (d'après le mot *æstuairy*, adopté en anglais) ; nous nous en occuperons plus tard ; ils rentrent dans le domaine des phénomènes marins.

Nous examinerons dans la prochaine séance ce qui se passe à l'abri du cordon littoral, en dedans de la ligne des barres, dans ce que nous avons appelé le domaine de la terre ; nous y verrons un grand nombre de phénomènes remarquables : mais je ne pouvais entrer dans leur examen sans vous avoir donné une idée générale du mécanisme par lequel la mer façonne ses rivages.

Pl. VII.



Kingston
Barton
Pattrington
Spurn
Grimsby
Humber R.
Glanford Bridge
Saltfleet
Market Raisin
Louth
Lincoln
Horncastle
Spilsby
Sleaford
Boston
Wells
Folkingham
Fakenham
Bourn
Spalding
Lynn Regis
Wisbeach
Swaffham
Peterborough
Doddington
Bradon
Ely
Mildenhall
Huntington
New Market
Caxton
Cam R.
Bedfort
Cambridge
Clare
Royston
Baldock
Bishops
Hertford
Dunmow
Witham
Chelmsford
Watford
Romford
Rochford
Uxbridge
LONDRES
Greenwich
Gravesend
Kingston
Chatam
Maidstone
Guildfort
Tunbridge
Grinstad
Lindfield
New Romne
Hastings
Lewes
Dunkerque
Berques
Groning
Beilen
Gueldre
Kemper
Julier

HUITIÈME LEÇON.

Le 9 janvier 1844.

Pays-Bas néerlandais.

MESSIEURS,

ns les dernières séances, en parlant des maté- meubles qui existent sur la surface du globe, nt la terre végétale fait partie, nous avons été uits à nous occuper de ceux que la mer pousse ue jour sur ses rivages, des dunes, des cordons aux et des lagunes qu'ils produisent, des barres trée des rivières, etc. Ces diverses accumula- , qu'on peut appeler dans leur ensemble l'*ap- l littoral,* dessinent le rivage de la mer d'une ère très-nette, établissent la ligne de démarca- entre la terre et la mer. En dehors est le do- e de la mer, et en dedans celui de la terre; en rs l'agitation, en dedans le calme.

L'appareil littoral marque la limite entre la terre et la mer.

rrière cette ligne, que la mer élève par l'action vagues, de manière à s'en faire une enceinte, ituées des lagunes, et ailleurs des marais, qui nt que des lagunes remplies de végétation.

Lagunes et marais derrière le cordon littoral.

ns ces lagunes, dont l'existence est si intime- liée à celle de l'appareil littoral, et qui en en quelque sorte partie, il se passe des faits que

Dépôts de terre végétale qui s'y produisent.

nous devons aussi étudier : c'est là que s'observent les accroissements les plus rapides de la terre végétale. Je vous ai déjà parlé de ce phénomène comme de l'un des objets d'étude les plus instructifs. Nous examinerons ce qui se passe sous ce rapport dans un certain nombre de localités.

Nous allons commencer par la Hollande, qui nous présente ce genre de phénomènes dans un très-grand développement.

Exemple de la Hollande.

Je vous ai déjà annoncé que la limite extérieure de la Hollande est tracée par la seule action de la mer. Cela s'applique à toute la côte qui s'étend depuis le Pas de Calais jusque vers l'embouchure de l'Elbe. Il faut embrasser d'un coup d'œil tout cet espace. Comme l'indique la carte, planche V, le contour extérieur des côtes y est d'une extrême uniformité, et présente une courbure régulière, dont la forme générale, très-simple, est une image et un effet de la simplicité générale des mouvements de la mer, qui s'est limitée elle-même par un cordon littoral.

Forme doucement arrondie de la côte entre le Pas-de-Calais et l'Elbe.

La ligne de la côte, dans l'espace que nous considérons, n'est cependant pas absolument continue. Entre le Pas-de-Calais et l'Escaut les dunes qui forment l'appareil littoral sont déjà coupées par quelques embouchures de petites rivières, où sont les ports de Dunkerque, Ostende, etc.; on trouve ensuite les larges embouchures de l'Escaut et de la Meuse, séparées par plusieurs îles, dont la plus remarquable est l'île de Walcheren.

Ces embouchures interrompent le cordon littoral. Chacune des îles dont nous venons de parler en porte seulement un tronçon.

Il recommence au nord de l'embouchure septentrionale de la Meuse, au *Hoek-van-Holland*, et forme une série continue de dunes qui s'étend jusqu'au Helder, à l'entrée du Zuyderzée. A partir de ce point l'appareil littoral est de nouveau *tronçonné;* la côte est bordée par un grand nombre d'îles allongées et placées à la suite les unes des autres. On en compte actuellement 16. La première de ces îles est celle du Texel, qui ferme le Zuyderzée.

Derrière ces dunes s'étendent des terrains très-bas, dans lesquels il y a des marais et des lagunes : ce sont les *Pays-Bas* proprement dits, la *Néerlande*. Terrains bas qui existent derrière le cordon littoral : *Pays-Bas*.

C'est dans l'intérieur de cet espace enceint par le cordon littoral que s'opèrent les phénomènes dont j'ai à vous entretenir. Pour vous en donner une idée complète, il est nécessaire que je commence par vous tracer une esquisse générale de ces contrées. Configuration générale de la contrée.

Les parties de l'Allemagne et de la Belgique qui avoisinent la mer du Nord sont des pays sablonneux formés d'un sable quartzeux, légèrement argileux, dans une grande partie duquel se trouvent des fragments et des blocs de différentes pierres, par exemple des *silex* de la craie, contenant souvent des pétrifications, et des *pierres primordiales* (granite, etc.). Sables de la *geest*.

Ces sables, très-répandus dans l'Allemagne septentrionale, portent le nom de *geest*, qui, dans le langage vulgaire de ces contrées, désigne ce terrain qu'on trouve dans les pays de *Liège* et de *Juliers*, dans le *Brabant*, la *Gueldre*, l'*Over-Yssel*, la *Westphalie* et la *Basse-Saxe*, formant le *sol des bruyères*, et qui, dans cet espace continu, couvre les montagnes aussi bien que les plaines : c'est là le sol fon- Grande étendue qu'ils occupent.

damental de ces contrées, qui partout arrive jusqu'au bord de la mer ou des Pays-Bas.

Ces sables sont généralement stériles, difficiles à cultiver, couverts de bruyères ou de petits bois. Les landes de Paderborn, en Westphalie, étaient célèbres dès le temps des Romains. Depuis là jusqu'au Rhin s'étend une longue suite de bruyères qui est encore inculte. Dans la Flandre il y a aussi des parties sablonneuses sur lesquelles il y a des bruyères ou des bois, quoique ce sable diffère géologiquement de celui de la Westphalie.

Ils se joignent à ceux de la Flandre.

Ces sables forment des plateaux qui ont une certaine élévation au-dessus de la mer, et qui s'avancent quelquefois très-près de ses bords. Il y a surtout un grand nombre de points où ses eaux viennent baigner des collines de sable qui forment des falaises au bord des bras de mer intérieurs.

Les plateaux et les collines de sable atteignent quelques bras de mer.

Les collines, formées soit par le sable de Flandre, soit par le sable de *geest*, arrivent jusqu'aux bords de l'Escaut, jusqu'aux bords de la Zéelande. *Berg-op-zoom* et *Gertruydenberg* sont bâties sur ces collines. Les collines de sable de *geest* se prolongent jusqu'au Zuyderzée et au bord des terres basses de la Frise.

Ces collines de sable, qui sont la prolongation de celles du nord de l'Allemagne, ou du sol peu fertile du Brabant septentrional, forment une partie considérable du sol de la Hollande. Ce sont les parties les moins productives. La *geest* forme particulièrement la partie méridionale de la Hollande, et se rattache aux sables de la Campine, qui s'étendent en Belgique.

Ils occupent la partie méridionale du royaume des Pays-Bas.

Le Rhin, avant de se jeter dans la mer, se sépare en plusieurs bras : l'un s'appelle l'Yssel et coule dans le Zuyderzée; un autre s'appelle le Waal et coule dans la Meuse; un troisième, qui passe à Leyde, est appellé le Rhin proprement dit : c'est le cours originaire du Rhin. Aujourd'hui il est entièrement barré par les dunes. On dit qu'il se perd dans les sables. Il est douteux, cependant, qu'il filtre dans la mer à travers les dunes. Ce n'est plus véritablement qu'un canal, mais un canal sinueux, comme le lit d'une rivière. Près de l'endroit où on suppose que le Rhin se déchargeait dans la mer, on a trouvé en dehors des dunes des restes de constructions qui paraissent remonter au temps des Romains. On présume que c'était là le port où ils s'embarquaient pour la Grande-Bretagne (*arx britannica*).

Ils accompagnent le Rhin au delà de sa division en plusieurs bras.

Cette diramation du Rhin a lieu au milieu de collines formées par le sable de la *geest*. Il y a même entre le Rhin et l'Yssel un plateau assez étendu, composé de ces sables qui, plus loin vers le nord, forment encore des collines assez considérables.

Ils fournissent le sable des dunes.

Ces collines ne sont pas d'anciennes dunes. Le sable qui les compose, agité par le vent, forme, à la vérité, sur leur surface, de petites dunes, d'une composition semblable à celle des dunes du bord de la mer. Le sable des dunes n'est en effet lui-même que celui de la *geest* qui a été remué et lavé par la mer; il peut cependant provenir aussi par la même voie du sable de la Flandre, qui s'étend de même sur les bords de la mer et se prolonge sous ses eaux; de manière que le sable des dunes est la partie la plus fine du sable de la *geest* ou de celui de la

Flandre, comme l'a très-bien remarqué Deluc, dans les descriptions très-exactes qu'il a données de ces contrées il y a 60 ans.[1]

Ils forment du côté de la terre la limite des Pays-Bas.

Les sables de la *geest* et de la Flandre, en approchant de ce qui forme aujourd'hui les bords de la mer, ne constituent plus habituellement de véritables collines, et même il y a un assez grand intervalle entre le bord de la mer et les collines dont nous avons parlé. La contrée plate et basse comprise entre les dunes et ces collines de sable, est ce qu'on appelle à proprement parler les *Pays-Bas*, la *Néerlande*.

Division du royaume des Pays-Bas.

Le royaume des Pays-Bas, dont la population totale est d'environ 2,600,000 habitants, est partagé en dix provinces, qui sont : la *Zéelande*, la *Sud-Hollande*, la *Nord-Hollande*, la province d'*Utrecht*, la *Frise*, la province de *Gröningen*, le *Brabant septentrional*, la *Gueldre*, l'*Over-Yssel* et la province de *Drenthe*. Cette dernière est la plus pauvre : c'est celle où prédominent surtout les sables du nord de l'Allemagne, avec leurs bruyères et leurs tourbières. Ces sables forment des plateaux et quelques rangées de collines dans la *Gueldre* et dans la *province d'Utrecht*, quelques hauteurs éparses dans l'*Over-Yssel*; le *Brabant septentrional* est également sablonneux; le reste est plat et surtout très-bas.

Territoire hollandais proprement dit.

La partie du royaume des Pays-Bas qui répond le mieux à l'idée qu'on a généralement de la Hollande, la plus riche, la plus industrieuse, c'est la *Zéelande*, la *Sud-Hollande*, la *Nord-Hollande*, la

1. Deluc, Lettres à la reine d'Angleterre; tome V, page 29 (lettre 131, 26 septembre 1778).

Frise et une partie de la province d'*Utrecht*. La Sud-Hollande et la Nord-Hollande, qui donnent leur nom et leur caractère à la nation hollandaise, sont, avec la Zéelande et la Frise, les principales provinces que nous ayons à considérer.

La zone des *Pays-Bas*, comprise entre le pied des collines de la *geest* et les dunes, est occupée en partie par des lacs ou des bras de mer intérieurs, tels que le Zuyderzée, la mer de Harlem et d'autres lagunes ou étangs; mais elle est aussi formée en partie par des terrains qu'on a su rendre très-productifs, dont quelques-uns sont sablonneux et argileux, et dont les autres sont tourbeux : c'est surtout dans la Frise et la Hollande qu'il y a de grands espaces tourbeux. Nature du sol de la Hollande.

La constitution du sol des Pays-Bas, au-dessous du niveau de la mer, est connue par des puits, qu'on a cherché à pousser assez loin pour trouver de l'eau douce; car on n'a guère dans les Pays-Bas que l'eau douce produite par la pluie, qu'on recueille sur les toits et qu'on renferme dans des citernes. Puits artésiens dans la province d'Utrecht.

Un puits artésien, creusé, il y a une dizaine d'années, dans la province d'Utrecht, a montré qu'aux environs de cette ville le sous-sol est formé par les sables de la *geest*.

Ce puits artésien a son orifice à 16 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer du Nord : il avait pénétré, à la fin de 1834, à la profondeur de 132 mètres, ce qui fait 116 mètres au-dessous du niveau de la mer. Dans le percement de ce puits on a traversé des sables, tantôt fins, tantôt plus gros, et contenant des géodes ferrugineuses et des cailloux rou-

lés, pareils à ceux de la surface des bruyères. On a rencontré un fragment de coquille à une profondeur de 83,^{m}50, et des fragments de bois très-durs et très-pesants à une profondeur de 129 mètres.[1]

On a creusé plus anciennement des puits à Amsterdam et à Rotterdam. On les a poussés jusqu'à une grande profondeur au-dessous du niveau de la mer. Je vais vous donner également les coupes de ces puits : quoique exprimés en termes surannés, ces coupes sont des documents précieux sur la constitution du sol de la Hollande.

Puits d'Amsterdam.

A Amsterdam, on a pratiqué un puits en 1605, jusqu'à une profondeur de 232 pieds : on a traversé d'abord 51 pieds d'un sable analogue à celui des dunes, mêlé de sable tourbeux et d'argile; puis 2[illegible] pieds du même sable des dunes et d'argiles; puis 1[illegible] pieds de sable; cela fait en tout 87 pieds de sable et argile; ensuite 55 pieds de sable marin, c'est-à-dire, de sable mêlé de coquilles formant plusieurs couches; puis 49 pieds d'argile dure sans mélange de coquilles; ensuite 13 pieds de sable mêlé de pierres: ce dernier est évidemment le sable de l*geest;* puis enfin 20 pieds de sable pur. Les parties supérieures doivent résulter de différents remaniements opérés par la mer, sans doute avant que les dunes fussent parvenues à s'établir à l'endroit où elles sont aujourd'hui.

Trois puits aux environs de Rotterdam.

Voici maintenant ce qu'on a trouvé à Rotterdam. En 1778 on y avait creusé trois puits : dans le premier on a traversé 20 pieds de tourbe, 15 pieds

1. Voyez Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences; tome I.er, page 38 (10 août 1835).

d'argile légère et blanchâtre, 13 pieds d'argile compacte, 9 pieds d'argile tenace; en tout 58 pieds.

Dans le second on a traversé 20 pieds de tourbe mêlée d'argile, exactement comme dans l'autre puits, 14 pieds d'argile légère et blanchâtre, puis 18 pieds de tourbe mêlée d'argile, puis 14 pieds d'argile compacte; ensuite 4 pieds d'argile blanchâtre, tenace; en tout 70 pieds. Il n'y avait de différences entre ce puits et le premier que dans ce qui était au-dessus des 34 premiers pieds.

Dans un troisième puits, creusé également près de Rotterdam, on a trouvé 12 pieds de limon, analogue à celui des rivières, 6 pieds d'une terre rougeâtre, 4 pieds de tourbe mêlée d'argile, 1 pied de terre très-brune; 2 pieds ont été creusés à travers un tronc de sapin; puis on a trouvé 1 pied d'argile ferme et très-sèche, et enfin 3 pieds d'argile bleuâtre.

M. Poncelet, officier du génie et membre de l'Académie des sciences, m'a raconté, qu'ayant été chargé, en 1810, de faire construire un ouvrage de fortification à Rammekens, dans l'île de Walcheren, il a constaté que le sol y présente 1 mètre et demi de terre superposée à 2 mètres de tourbe. Tranchée dans l'île de Walcheren.

Au centre de la Hollande, dans le Rhynland et le Wœrden, entre Leyde et Utrecht, la cote moyenne de la surface du sol est de $0,^{m}60$ à $0,^{m}70$ au-dessous du plan général auquel on rapporte les nivellements de la Hollande, plan dont la cote est zéro et qui correspond à peu près au niveau moyen de la mer. A un mètre au-dessous du plan zéro commence le banc tourbeux (*veen*), dont l'épaisseur est de 3 mètres. Le banc superficiel, formé de bonne terre ar- Sol superficiel du centre de la Hollande.

gileuse, a par conséquent environ 0,^{m}40 d'épaisseur; ensuite, à 4 mètres au-dessous du plan zéro, on atteint une couche de terre glaise, excellente pour l'agriculture.

Des nivellements, des sondages et des fouilles exécutés en 1751 près de la mer de Harlem ont donné des résultats peu différents des précédents. Le niveau des terrains attenants à cette mer, qui est un lac d'eau douce, était généralement de 0,^{m}65 au-dessous du zéro des nivellements; l'argile, ou la terre grasse, se trouvait à 3,^{m}75 au-dessous du même zéro; le sol consistait, jusqu'à cette couche argileuse, en une couche de matière tourbeuse mêlée de sable, de 0,^{m}55 à 0,^{m}94 de puissance, reposant sur un banc de 1,^{m}90 à 2,^{m}33 de tourbier ou tourbe vaseuse.[1]

Vous voyez que le sol de la Hollande est formé de couches alternatives de limon, de tourbe et de sable. On trouve à peu près la même chose près de la surface quand on examine des points voisins les uns des autres. A une plus grande profondeur, cependant, on remarque quelques différences. Ce qu'on a observé dans les points que j'ai cités, s'observe dans toute la Hollande : quand on y fait une espèce quelconque de tranchées ou de sillons, on voit toujours un terrain composé de sable ou de terre tourbeuse, et souvent un mélange des deux natures de matières. Le mélange de ces éléments donne un sol extrêmement fertile. Les jardins de Harlem, leurs tulipes, leurs renoncules, sont célèbres dans le monde entier.

Tourbières proprement dites.

Il existe dans ces contrées de nombreuses tour-

1. Écho du monde savant, 11.e année, n.º 43.

bières en cours de formation, désignées habituellement sous le nom de *moor* ou de *veen*. On peut en distinguer de deux sortes ; les unes continentales, les autres littorales. Les premières sont renfermées dans l'intérieur de la *geest*, soit dans des vallons, soit même sur des hauteurs aplaties, d'où l'eau ne s'écoule pas aisément. Les *moors* littorales bordent la *geest* du côté de l'embouchure des rivières, et elles séparent ainsi le terrain continental des atterrissements récents. De là les alternances observées dans les puits ; mais j'aurai occasion de revenir sur cette disposition quand je parlerai de la tourbe. Aucune localité n'était plus favorable à la formation de la tourbe que la Hollande, à cause du grand nombre de localités où les eaux, qui suintent à travers les sables, s'écoulent difficilement.

La carte, planche V, donne une idée de la configuration des *Pays-Bas*; il faut remarquer toutes les ramifications des rivières et des bras de mer qui la divisent : l'Escaut occidental, l'Escaut oriental, les diverses îles qui forment la Zéelande ; la Meuse, les différents bras du Rhin, l'espace assez considérable couvert par les eaux qu'on appelle mer de Harlem ; puis le Zuyderzée, qui est plus grand encore. Configurati des Pays-B.

Mais ce qui est propre surtout à fixer l'attention sur ces accidents topographiques, c'est l'histoire des vicissitudes qu'ils ont éprouvées et qu'ils éprouvent encore de nos jours.

Ces vicissitudes sont intimement liées à l'objet de de nos recherches actuelles. Nous devons donc les étudier avec soin ; nous allons commencer par celles du cours des fleuves qui traversent les Pays-Bas. Vicissitud du cours des flei

En donnant au nom de *Pays-Bas* l'acception générale que nous avons adoptée, on trouve qu'un assez grand nombre de fleuves traverse cette zone pour se rendre à la mer. Les principaux sont : l'*Escaut*, la *Meuse*, le *Rhin*, l'*Ems*, le *Weser* et même l'*Elbe*.

Toutefois le Rhin, la Meuse et l'Escaut sont ceux qui, dans la partie inférieure de leurs cours, s'identifient le plus complétement avec la topographie des Pays-Bas.

Le Rhin et la Meuse.

Le Rhin et la Meuse, avant d'entrer dans les Pays-Bas proprement dits, coulent pendant longtemps au milieu des sables de la *geest*, qui forment des plateaux et des collines sur les bords de la vallée du Rhin depuis Düsseldorf, et sur ceux de la vallée de la Meuse depuis Mæstricht. Ces deux vallées, en s'élargissant, se confondent aux environs de Nimègue et débouchent ensemble dans les Pays-Bas, entre Utrecht et Gertruidenberg, par une ouverture de 46 kilomètres de largeur.

Le fonds de cette large vallée est lui-même un appendice naturel des Pays-Bas.

Bifurcation du Rhin en plusieurs bras.

Le Rhin, en entrant dans cette vallée élargie, se partage, depuis un temps immémorial, en plusieurs bras, qui ont subi dans leur disposition, et même dans leur nombre, des vicissitudes remarquables, dont quelques-unes sont consignées dans l'histoire, et dont les autres, plus anciennes, peuvent être devinées à l'aide de traditions qui remontent aux premiers habitants de ces contrées, et sont même indiquées par les noms que l'usage a conservés.

A l'époque où les Romains commencèrent à avoir connaissance des embouchures du Rhin, il se déchargeait dans la mer par deux bouches principales, ce qui lui a fait donner par Virgile l'épithète de *Bicornis*.

Du temps des Romains il avait deux bras principaux : le Waal et le Rhin proprement dit.

« *Extremique hominum morini, Rhenusque Bicornis* »[1].

L'une de ces deux bouches principales, nommée *Helium*, lui était commune avec la Meuse, à laquelle il se joignait dès lors par le *Waal*. L'autre se trouvait plus au nord, mais toujours sur la côte occidentale de la province de Hollande. Ce ne fut que plus tard qu'on lui en donna artificiellement un troisième par l'*Yssel*.

Il est vrai que César, qui écrivait avant Virgile, et qui peut-être était moins bien informé, donne au Rhin un grand nombre de bouches : *et ubi Oceano adpropinquat, in plures diffluit partes, multis ingentibusque insulis effectis, quarum pars magna a feris barbarisque nationibus incolitur (ex quibus sunt qui piscibus atque ovis avium vivere existimantur) multisque capitibus in Oceanum influit.*[2]

Peut-être, en parlant de ces bouches multipliées, César fait-il allusion à des bras latéraux qui, se détachant du *Waal* et de la Meuse, séparaient déjà les unes des autres les îles nombreuses de la Zéelande; bras que les autres écrivains ont considérés comme insignifiants à côté du vaste *Helium*. Peut-être existait-il déjà d'ailleurs un bras latéral du Rhin qui,

1. *Virg. Æn., lib. VIII,* 727.
2. César, *De Bello gallico, lib. IV, cap.* 10.

traversant le territoire d'Utrecht, se déchargeait dans le Zuyderzée (alors le lac *Flevo*).

Quoi qu'il en soit, celle des deux grandes ramifications du *Rhenus bicornis* que les Romains ont dû connaître la première, était la plus méridionale, c'est-à-dire le *Waal*, qui se sépare du Rhin proprement dit, au-dessus de Nimègue, pour aller se joindre à la Meuse. Cette réunion avait déjà lieu du temps de César, qui l'indique clairement dans le passage suivant de ses Commentaires : *Mosa profluit ex monte Vogeso, qui est in finibus Lingonum, et parte quadam ex Rheno recepta, quæ adpellatur Vahalis, insulamque efficit Batavorum, in Oceanum influit*[1].

Jonction du Waal et de la Meuse mentionnée par César et Tacite.

Tacite s'explique avec plus de précision encore tant sur la bifurcation du Rhin, que sur la réunion du Waal et de la Meuse : *Rhenus uno alveo continuus aut modicas insulas circumveniens, apud principium agri batavi velut in duos amnes dividitur : servatque nomen et violentiam cursus, qua Germaniam prævehitur, donec Oceano misceatur; ad gallicam ripam latior et placidior adfluens verso cognomento Vahalem accolæ dicunt : mox id quoque vocabulum mutat Mosa flumine, ejusque immenso ore eundem in Oceanum effunditur.*[2] Les mots *immenso ore* font allusion à la largeur de l'embouchure commune aux deux fleuves.

Grande largeur de leur embouchure commune.

On croit pouvoir retrouver encore le souvenir du nom d'*Helium ostium* que portait cette embouchure dans ceux d'*Helvoet* (*Helii fluentum*) et de *Brihel* (*latum Helium*).[3]

1. César, *loc. cit.*, *lib.* IV, *c.* 10. — 2. *Taciti Annal.*, *lib.* II, *c.* 6.
3. Alting, cité par M. de Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 318.

La Meuse présentait dès lors un grand nombre de ramifications. Elle en avait même une qu'elle ne possède plus aujourd'hui, quoiqu'elle ait subsisté jusqu'au règne de Charlemagne; c'était une branche méridionale qui recevait l'Escaut, et, traversant la partie méridionale de la Flandre hollandaise, par Hulst, Axel et l'Écluse, se jetait dans la mer près de l'emplacement de cette dernière ville, au sud de l'île de Kadzand. Ancienne branche méridionale de la Meuse, aujourd'hui oblitérée

Les larges canaux qui séparent aujourd'hui les îles de la Zéelande paraissent aussi avoir subi de nombreuses vicissitudes, mais elles sont moins bien connues que celles des divers bras du Rhin, auxquels je me hâte de revenir.

Plusieurs de ces dernières sont d'autant mieux connues, qu'elles doivent leur origine aux travaux des hommes.

Douze ans avant la première année de l'ère chrétienne, *Drusus* joignit le Rhin au Zuyderzée (qui n'était alors que le lac *Flevo*) par plusieurs canaux. L'un de ces canaux partait peut-être de Leyde, comme semble l'indiquer un canal encore existant dans cette contrée, qui porte le nom de *Dœs*, qu'on peut croire dérivé du nom même de *Drusus*. Peut-être en exista-t-il encore d'autres dans la province d'Utrecht; mais la plus remarquable de ces dérivations du Rhin exécutées par *Drusus* fut celle au moyen de laquelle il joignit ce fleuve à l'*Yssel* de Gueldre (*Sala Bructerorum*). Origine artificielle de l'*Yssel*.

Cette dérivation, qui subsiste encore, et qui est devenue un véritable bras du Rhin, part d'un point situé un peu au-dessous de celui où le Waal se sépare lui-même du Rhin proprement dit.

Ce troisième bras enleva une partie considérable des eaux du Rhin, et le lit de la rivière, peu important auparavant qui les reçut, fut considérablement agrandi, soit par l'art, soit par l'action naturelle des eaux, soit par les deux causes réunies. Le nouveau bras porta tantôt le nom de Rhin, tantôt celui d'Yssel[1]. Depuis lors le Rhin cessa de mériter le nom de *Bicornis*, puisqu'il avait reçu un troisième bras principal qui, comme le dit clairement *Pomponius Mela*, se déchargeait, avec l'Yssel, d'abord dans le lac *Flevo*, devenu depuis le Zuyderzée, et ensuite dans la mer du Nord.... *ad dextram primo angustus et sui similis, post ripis longe et late recedentibus, jam non amnis, sed ingens lacus, ubi campos implevit, Flevo dicitur; ejusdemque nominis insulam amplexus, fit iterum arctior, iterumque fluvius emittitur.*[2]

Dans tout état de cause on ne doit pas oublier que l'intervalle compris entre l'Yssel et le Rhin proprement dit est occupé, comme nous l'avons déjà remarqué, par un plateau et de nombreuses collines, formés du sable de la *geest*, et ne doit pas être confondu avec les îles comprises entre les ramifications naturelles du fleuve.

Ces îles ont souvent changé de forme, parce que les bras du Rhin ont changé de cours et se sont multipliés par l'action combinée des phénomènes naturels et des travaux des hommes. A l'époque de l'invasion romaine, l'espace compris entre le Waal et le Rhin proprement dit formait une grande île

1. Von Hoff, *loc. cit.*, tome I.er, page 329.
2. *Not. orb. ant.*, *lib. III*, *cap.* 2, §. 12.

basse, appelée par les auteurs latins *Insula Batavorum*. Pline la désigne la première dans le passage suivant : *In Rheno ipso prope centum M. passuum in longitudinem nobilissima Batavorum insula et Cannenufatum et aliæ Frisiorum, Chaucorum, Frisiabonum, Sturiorum, Marsaciorum, quæ sternuntur inter Helium ac Flevum. Ita adpellantur ostia, in quæ effusus Rhenus ab septentrione in lacus, ab occidente in amnem Mosam se spargit : medio inter hæc ore modicum nomini suo custodiens alveum.*[1] Ce bras du milieu, qui conserve encore de nos jours le nom de Rhin proprement dit, était sans doute le bras principal à l'époque où ces contrées reçurent leurs premiers habitants; car c'est à cette époque reculée que remonte l'origine de plusieurs dénominations encore usitées aujourd'hui, mais qui ne se trouvent plus en rapport avec l'état actuel des choses, à cause des changements survenus, soit avant l'invasion romaine, soit depuis.

Petitesse relative du Rhin proprement dit, remarquée par Pline.

A l'époque des guerres que Tacite a immortalisées dans ses Annales, ce bras du milieu se distinguait encore par une rapidité qu'il a totalement perdue depuis lors : *Servatque nomen et violentiam cursus, qua Germaniam prævehitur, donec Oceano misceatur.*[2]

Origine du *Leck*.

Ces paroles, déjà citées plus haut, se rapportent évidemment à l'état dans lequel se trouvait encore le vieux Rhin avant que l'un des événements de la guerre lui donnât définitivement un nouvel auxiliaire, qui subsiste encore aujourd'hui sous le nom

1. Plinius, *Hist. nat.*, *lib. IV*, *cap.* 29.
2. Tacite, *loc. cit.*, *lib. II*, *cap.* 6.

de *Leck*, et qui lui enlève la plus grande partie de ses eaux.

Le Leck se sépare, en effet, du Rhin au-dessus de Wyk by Duurstede, lieu qui paraît faire face à l'emplacement qu'occupait sur la rive gauche du Rhin le *Batavodurum* des Romains.

Ici la rive droite du Rhin est bordée sur une assez grande longueur de collines basses, qui forment la terminaison des lambeaux du terrain élevé de la *geest*, compris entre l'Yssel et le Rhin. La rive gauche du Rhin, au contraire, est dans cet endroit une plaine sablonneuse très-basse, exposée aux empiétements et aux débordements du fleuve. Il portait le plus souvent ses ravages de ce côté, ce qui détermina *Drusus* à le contenir par une digue, qui fut construite 9 ans avant le commencement de l'ère chrétienne, et nommée d'après lui *Drusi moles;* elle ne fut cependant terminée que 57 ans après, sous *Paulinus Pompeius*. Plus tard *Civilis*, qui s'était mis à la tête des Bataves soulevés, battant en retraite devant les légions romaines à travers l'*insula Batavorum*, fit couper cette digue pour leur barrer le passage. Tacite raconte l'événement dans les termes suivants : *Quin et diruit molem a Druso Germanico factam, Rhenumque prono alveo in Galliam ruentem, disjectis quæ morabantur effudit. Sic velut abacto amne, tenuis alveus, insulam inter Germanosque, continentium terrarum speciem fecerat.*[1] La coupure faite par *Civilis* n'a jamais été rebouchée; les eaux du Rhin ont continué à couler dans le lit qui leur a été ainsi ouvert, et ce bras,

1. *Taciti Annalium, lib. II, cap.* 6.

devenu permanent, est le *Leck*, dont on croit que le nom dérive de l'expression latine *ab eliciendo*.

Le Rhin primitif, de son côté, privé de la plus grande partie de ses eaux, resta presque vide, *tenuis alveus*, et il a encore diminué depuis lors par l'effet des ensablements. Il ne conserve même pas jusqu'à la mer la faible quantité d'eau que le Leck ne lui enlève pas. A partir de Wyk by Duurstede, où le Leck s'en sépare, il se tourne vers Utrecht, où des saignées, dont la première origine remonte peut-être à *Drusus*, lui enlèvent encore une partie de ses eaux. Il en perd de nouveau entre Utrecht et Leyde, et le peu qui lui en reste se dirige vers cette dernière ville.

Le Rhin proprement dit diminue encore.

Le Rhin se jetait autrefois dans la mer du Nord au-dessous de Leyde. Les sables ont comblé cette embouchure dans une tempête survenue en l'année 860, et on hésite aujourd'hui sur son emplacement. Quelques auteurs pensent qu'elle se trouvait près de Katwyk, où en 1806 on a ouvert au Rhin à travers les dunes une issue fermée par une écluse. D'autres croient qu'à Rhynsburg, près de Leyde, le Rhin se recourbait vers le nord et qu'il se déchargeait dans la mer du Nord près de *Petten*. Ce serait là qu'il faudrait chercher la bouche occidentale du Rhin, positivement indiquée par Ptolémée et le *portus cœpatiacus*. Gosselin cherchait l'un et l'autre près de *Zandvoort*, entre Petten et Katwyk. Ces versions diverses pourraient être toutes fondées, car il serait possible que le cours du *vieux Rhin* eût plus d'une fois changé d'issue à travers les dunes avant de cesser tout à fait d'en avoir une. On a dit aussi qu'il se

Incertitudes sur l'ancien emplacement de son embouchure.

divisait en deux bras, dont l'un se dirigeait vers la Meuse et l'autre vers la mer de Harlem. Ç'aurait été une disposition analogue à celle des bouches de la Vistule, et il se pourrait qu'elle eût existé elle-même pendant quelque temps.

Les rives du vieux Rhin sont restées la partie centrale et la plus élevée des Pays-Bas.

Au milieu des doutes qui peuvent encore rester à cet égard il paraît certain, que le *vieux Rhin* avait élevé son lit et ses berges de manière à dominer les contrées adjacentes, ce qui l'a mis dans le cas de s'y déverser et de s'y créer de nouveaux lits, aussitôt que des circonstances naturelles ou artificielles lui ont ouvert des débouchés latéraux. L'élévation très-ancienne de ses rives a permis aux Romains d'y bâtir leur *Lugdunum Batavorum*, aujourd'hui Leyde, dans un endroit qui était probablement dès lors hors de l'atteinte des marées.

Les canaux qu'ils y ont creusés montrent que les eaux y étaient dans le cas de pouvoir être dirigées vers des lieux plus bas. On montre encore près d'Utrecht plusieurs canaux attribués à *Drusus*, et dans les environs de Leyde les canaux de *Drusus* et de *Corbulon*.

Comment les alluvions élèvent le sol de ces contrées.

Les alluvions les plus anciennes du Rhin se sont faites le long de son cours primitif, qu'il n'a quitté qu'après l'avoir élevé et obstrué, et cette partie est restée le centre de la Hollande, le centre et le type des Pays-Bas. Les parties situées de part et d'autre sont encore actuellement à un niveau inférieur. Il y existe des bras de mer, tels que ceux de la Zéelande et le Zuyderzée, où se jettent aujourd'hui les diramations du Rhin.

Le Rhin et la Meuse tendent à combler ces dé-

pressions et à y rendre même à la longue leur propre cours impossible, ou au moins difficile; mais il faut une étude attentive pour se rendre compte de la marche de ce phénomène, parce que le régime naturel de ces contrées est aujourd'hui masqué par le régime artificiel auquel elles sont soumises. Pour en prendre une idée exacte, il est nécessaire d'examiner ce qu'était ce pays avant d'être entouré par des digues, et comment, au moyen des digues, on est parvenu à maîtriser les mouvements des eaux.

Aux embouchures de l'Escaut, de la Meuse, du Rhin, de l'Ems, du Weser et de l'Elbe, il se produit, lors de la marée montante, un calme, durant lequel se précipitent les matières terreuses tenues en suspension dans les eaux : il en résulte un sédiment que les vagues rejettent sur la plage. Par ces dépôts successifs, le rivage s'élève graduellement, et il se forme une alluvion étendue, qui reste à sec dans les marées moyennes. Ces terres nouvelles, d'une fertilité vraiment surprenante, sont les *polders*, dont les Hollandais tirent un si grand parti dans leurs cultures. Durant les hautes marées, ou pendant les tempêtes, les *polders* se trouveraient submergés, si l'industrie active des habitants n'eût établi des digues qui opposent un obstacle à l'invasion des eaux de l'Océan.[1]

Dépôts qui se forment aux embouchures des rivières.

Quand on parcourt la Zéelande, on voit que les embouchures de rivières ou, pour mieux dire, les bras de mer qui la partagent en plusieurs îles, n'ont qu'une très-faible profondeur. Quelques portions

1. D'Aubuisson de Voisins, Traité de géognosie, tome I.er

Prairies submergées par les hautes marées.

conservent de l'eau à la basse mer; mais entre le chenal et la terre reste dans certaines directions une très-vaste étendue, qui est occupée par des vases : ces vases ne sont couvertes que pendant quelques heures, quelquefois seulement pendant une heure ou deux. Ces dernières, qui sont à très-peu de distance au-dessous du niveau de la haute mer ordinaire, restent donc exposées à l'air ou au soleil pendant vingt ou vingt-deux heures sur vingt-quatre; cela suffit pour que la végétation s'y établisse. Il y a même des prairies exposées à être couvertes par la mer qui subissent cette sujétion bien moins encore que je ne viens de le dire. Comme il y a de grandes marées aux syzygies, c'est-à-dire à deux époques de chaque lunaison, il y a des terrains qui ne sont couverts que tous les quatorze jours, et cela pendant deux ou trois jours de suite, et chaque jour pendant quelques heures seulement : il s'établit sur ces terrains une très-belle végétation, car il y a une foule de plantes pour lesquelles il est à peu près indifférent d'éprouver tous les quinze jours trois ou quatre submersions consécutives de deux ou trois heures chacune.

Lorsqu'on navigue sur les bras de mer de la Zélande, seulement à moitié remplis par les marées, on remarque avec surprise ces terrains déjà élevés, quoique non préservés par les digues et couverts d'une très-belle végétation. D'autres parties, plus enfoncées, nourrissent des plantes qui ne craignent pas l'eau, telles que des joncs. Enfin, on voit des espèces de grandes forêts de joncs qui marquent l'emplacement de certains bancs moins élevés en-

Forêts de joncs.

core, et sur lesquelles la marée marque chaque jour son niveau.

Les marées, dans leurs mouvements impétueux, remanient souvent ces terres encore molles; mais si les eaux ont détruit des terres dans quelques parties de la Zéelande, elles en ont reproduit dans d'autres, ou bien elles ont entassé des bancs de sable, uni des îles entre elles, etc. On en a des exemples dans l'engorgement des ports d'Armuyden, dans l'île de Walcheren, de Goes, dans celle de Sud-Beveland, de Martensdyk, dans celle de Tholen, et dans la réunion des îles de Gorée et d'Over-Flacke, au moyen d'un banc de sable qui, dans ces derniers temps, s'est élevé entre elles et a été entouré de digues. La configuration de la province de Zéelande change ainsi continuellement, quoique, par l'effet des soins plus assidus qui ont été donnés aux digues dans ces derniers temps, les grandes destructions de terrain soient devenues plus rares que dans les temps antérieurs.[1]

Dépôts formés aux embouchures du Weser, de l'Oste et de l'Elbe.

Des changements analogues s'opèrent dans les parties orientales des Pays-Bas. Les dépôts des fleuves de toutes ces côtes sont limoneux et en même temps très-considérables. Les eaux courantes ont déposé le long de leurs cours tout ce qu'elles ne tiennent en suspension qu'avec difficulté : d'abord le gros et le menu gravier; puis le sable; et elles ne charrient à la mer que ces particules impalpables qui restent suspendues dans l'eau tant qu'elle a quelque mouvement; mais auprès de leurs embouchures, et partout où les marées remontent, l'eau, éprouvant deux

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 323.

calmes toutes les vingt-quatre heures, dépose cette menue poussière, et c'est ordinairement une vase argileuse. Ce dépôt, joint au travail des vagues et des marées, a comblé une partie des trois golfes où se jetaient le Weser, l'Oste et l'Elbe.[1]

Marsch. Les terrains formés par ces dépôts portent dans le pays le nom de *marsch*, qui signifie, géologiquement parlant, tout atterrissement fait sur les bords du continent, tout allongement du continent produit par les dépôts de la mer ou des rivières : ce sont des terrains horizontaux qui, de la *geest* ou des *moors* qui les bordent, s'étendent jusqu'à la mer ou aux golfes dans lesquels les rivières se déchargent, et qui tous, sans exception, seraient encore inondés dans les hautes eaux, s'ils n'étaient garantis par l'art.[2] Les *marschs* du Weser près de Brême ont, comme celles de l'Elbe et de l'Oste, tout l'aspect de la Hollande.[3]

Le *marsch* entre Haarbourg et Stade est bordé par la *geest*, qu'on ne saurait peindre autrement que comme les bords d'un golfe avec leurs contours et leurs falaises et dont le dessus est couvert de bruyères. Si aujourd'hui les digues étaient enlevées, on verrait reparaître les golfes dans les marées extraordinaires, et la mer embrasserait le sol continental comme aux premiers jours de la période actuelle.[4]

1. Deluc, Lettres à la reine d'Angleterre, tome V, page 109 ; lettre 120 ; 9 décembre 1778.
2. *Idem, ibid.*, page 105.
3. *Idem, ibid.*, page 2.
4. *Idem, ibid.*, page 122.

Ces dépôts s'opèrent non-seulement dans les embouchures des rivières, mais aussi quelquefois dans certains bras de mer occupés uniquement par les eaux de l'Océan. Du côté de la mer, la plage se prolonge d'abord en fond de sable, puis les dépôts des rivières s'y accumulent par les balancements de la marée et forment les *marschs*.

Ces accroissements se font avec une telle rapidité que les générations successives se transmettent le souvenir de progrès sensibles et bien connus, tant en formation de bancs de sable isolés, qu'en allongement de la côte et en extension des *marschs* le long des golfes. On a même un nom pour désigner ces nouvelles conquêtes qui ne sont pas encore enfermées de digues : elles se nomment *Voreland* ou *Aussendeickland*, c'est-à-dire *avant-terres* ou terres hors des digues. Les allongements encore purement sableux qui se font au bord même de la mer, se nomment *Wadden*, *Wadt* ou *Watt*. Leur sable est gros, les vents n'y font point naître de dunes, et l'on peut y marcher solidement en basse marée.[1]

Accroissements rapides de la côte de la Frise.

Ces accroissements de terrain sont surtout très-considérables sur la côte de la Frise, dans le bras de mer appelé *De Wadden*, qui s'étend entre la terre ferme et la ligne d'îles qui la protége. Il se produit là des dépôts tellement considérables, qu'on voit d'abord les digues qui ont été établies en premier lieu; puis en avant d'autres digues, construites plus tard; et enfin l'on en établit un troisième rang, pour conquérir les terrains que des atterrissements encore plus modernes ont élevés presque au niveau

1. Deluc, Lettres à la reine d'Angleterre, tome V, page 143.

Ligne d'îles extérieures, presque réunie au continent.

des eaux. La mer ne fait en cela qu'abandonner ce qu'elle avait envahi; car il paraît certain qu'à l'époque romaine ce bras de mer qui sépara la terre ferme des îles côtières, alors plus grandes qu'aujourd'hui, était beaucoup moins large qu'il n'est de nos jours; mais en s'élargissant il était devenu moins profond; car, des sept îles qui se trouvent en avant des côtes de l'Ost-Frise et du pays de Jever, savoir *Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeroog, Spikeroog* et *Wrangeroog*, Borkum est la seule qui mérite encore complétement le nom d'île. On peut, à la marée basse, passer à pied sec de la terre ferme à toutes les autres îles à travers le bras de mer alors sans eau appelé *De Wadden.*[1]

Les dépôts qui comblent si rapidement les *Wadden* de la Frise, sont d'autant plus dignes d'attention, que ce bras de mer ne reçoit aucune rivière considérable, ce qui oblige à avoir recours à une explication un peu différente de celle que j'ai déjà donnée de la formation des terres nouvelles de la Zéelande et de celles des autres *marschs* qui se forment aux embouchures des rivières.

Action de la mer dans la formation de ces dépôts.

M. Arends pense que la mer elle-même délaye les couches de terre qui se trouvent sur son fond, en entraîne les parties constituantes et les dépose sur la côte. Il cherche à expliquer par des phénomènes chimiques pourquoi la formation des terres nouvelles a lieu non près des îles extérieures, qui sont formées presque exclusivement de sable et de dunes, mais le long de la côte de la terre ferme

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 363.

placée en arrière[1]; cependant il paraît plus naturel de n'y voir qu'un résultat des phénomènes mécaniques que nous avons déjà indiqués.

« Les rivières, les eaux des tourbières et généralement tout ce qui s'écoule de la terre dans la mer, ainsi que les parties du fond même de la mer qui en sont détachées mécaniquement ou chimiquement, fournissent les matériaux des terres nouvelles. La mer, par ses mouvements, exerce une influence sinon exclusive, du moins prépondérante, sur l'arrangement que les parties détachées prennent sur son fond ou sur ses bords. Il s'opère infailliblement un départ à la fois mécanique et chimique dans les parties solides, mais réduites en particules fines, qui tombent sur le fond de la mer. Dans les mouvements de la mer vers la terre, qui sont naturellement les plus puissants, le sable plus pesant tombe au fond, dès qu'il arrive à la chaîne d'îles extérieures, où la mer est agitée et où les parties plus fines ne peuvent séjourner. Ces dernières sont entraînées jusqu'à la côte de la terre ferme, et sont toujours déposées de manière à ce que les parties les plus légères, qui constituent la terre fine des *polders*, forment la couche supérieure. »[2]

Voici, d'après M. Arends, les phases successives que présentent les terres nouvelles qui se produisent ainsi sur les côtes de l'Ost-Frise par l'accumulation des sédiments. Au commencement les plaines de sable brutes s'étendent du rivage à la mer; les vagues s'y répandent journellement, battent contre la digue Formes qu'ils prennent successivement.

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 223.
2. *Idem, ibid.*, page 224.

et se retirent ensuite, laissant chaque fois un peu de sédiment. La plage (*das Watt*) s'élève ainsi peu à peu, tantôt plus rapidement, tantôt plus lentement, suivant son gisement. Peu à peu des plantes y poussent : d'abord la *Silicornia herbacea*, végétal singulier, dépourvu de feuilles, nommé dans le pays *Kruckfuss*. Les sédiments s'accroissent; l'eau séjourne moins longtemps sur la plage, et même par les vents d'est elle n'y séjourne plus du tout. Le *Kruckfuss* diminue; une plante plus belle, qui a jusqu'à 6 pieds de haut, l'*Aster tripodium*, commence alors à paraître, et réjouit de ses innombrables fleurs, d'un bleu clair, l'œil du voyageur, qui cherche vainement à se rendre compte de l'existence d'un bois en fleur nageant dans la mer. Le sol s'élève maintenant plus rapidement; une grande quantité de sédiment reste arrêtée, pendant la basse marée, entre les plantes serrées les unes contre les autres; les marées journalières ne s'élèvent plus sur ce terrain, mais seulement les grandes marées des syzygies. Le terrain devient plus sec; la *Silicornia herbacea*, qui aimait son humidité, disparaît; à sa place paraît une herbe en forme de calice (*Poa* ou *Plantago maritima*), nommée dans l'Ost-Frise *Quellen*. La plage (*das Watt*) est dès lors une terre avancée, solidement établie, qu'on appelle *heller* : elle sert de pâturage et peut même être fauchée. Aussitôt que le *heller* s'est complétement gazonné et a acquis une étendue proportionnée aux dépenses que nécessitent les digues, on procède à son endiguement; quelquefois même on n'attend pas que ce moment soit arrivé. Le terrain nouvellement

Plantes qui s'y succèdent à mesure qu'ils s'élèvent.

conquis porte le nom de *polder* ou de *groden*. Il change alors complétement de face; le *polder* devient terre labourable. L'activité et le talent du laboureur l'améliorent et l'embellissent de mille manières[1], et quand on voit les productions végétales de ces atterrissements, on n'est pas surpris de l'ardeur des hommes à s'y jeter, tandis qu'ils laissent en arrière tant de terrains incultes.[2]

Conquête des *marschs* par le moyen des digues.

La conquête des *marschs* par le moyen des digues est une invention, à l'origine de laquelle il n'est pas possible de remonter; mais qu'il est difficile de croire antérieure au 7.e siècle. La nature paraît avoir, à une époque bien antérieure, produit spontanément dans cette contrée des *marschs*, qu'elle a souvent, à la vérité, détruits elle-même. A l'époque où les Romains ont appris à connaître ce pays, il y existait de pareils *marschs*, et même d'une étendue plus considérable que ceux de nos jours, attendu que le *Dollart*, le golfe de la *Jahde* et d'autres golfes et bras de mer n'existaient pas encore.[3]

La conquête des *marschs* au moyen des digues, tout en dotant l'agriculture de terres très-productives, a l'inconvénient de les empêcher de continuer à s'accroître et à être fertilisées. L'accroissement se continue en dehors des digues.

L'Elbe a continué ses atterrissements depuis que ces *marschs* sont enfermés de digues; et ils se sont même tellement accrus en quelques endroits, qu'ils

1. Fr. Arends, tome II, p. 90, cité par M. de Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 227.

2. Deluc, Lettres à la reine d'Angleterre; tome V, page 122.

3. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 364.

égalent presque la largeur des anciens *marschs*, et forment des établissements extrêmement prisés. Instruits par l'expérience, ceux qui ont pris possession de ces terrains naissants ne les ont point enfermés de digues; ils se sont contentés d'élever le sol sur lequel ils ont établi leurs habitations, pour le mettre au-dessus du niveau des plus hautes eaux; et ayant ainsi pourvu à leur sûreté, ils ont cultivé le terrain comme s'il était totalement à l'abri de l'inondation. De dix récoltes ils en perdent une: c'est à quoi se réduit le danger; et ils regardent cette perte comme les habitants des *marschs* renfermés regardent les frais d'établissement et d'entretien des digues; mais avec cette différence bien avantageuse, que le limon de l'*Elbe,* semblable à celui du *Nil,* engraisse les terres, et qu'en même temps il les élève, et les mettra enfin à l'abri de toute inondation, excepté peut-être une fois tous les cinquante ans, et enfin tous les siècles. Partout où l'on se trouve enfermé de digues, on regrette que les premiers cultivateurs n'aient pas procédé de cette manière: mais ils voulaient jouir plus tôt et jouir en paix; et il est sûr que ces premières possessions à découvert, sont, ou bien retardées, ou accompagnées d'assez de trouble.[1]

Inconvénients des digues.

Les derniers *marschs* mis en culture sur les bords de l'Elbe, n'en ont pas été entourés.

Le mode d'occupation auquel l'expérience a ramené les possesseurs de terrains nouveaux sur les bords de l'Elbe, et qui rappelle entièrement celui usité en Égypte de temps immémorial, n'a rien de nouveau non plus sur les bords de la mer du Nord.

Les anciens Bataves occupaient de même leur pays sans digues.

1. Deluc, Lettres à la reine d'Angleterre; tome V, page 122; lettre 121; 10 septembre 1778.

Il y est connu depuis un temps excessivement long; on a exploité tous les *Pays-Bas* de cette manière-là pendant une longue suite de siècles. On s'établissait premièrement au bord des prairies couvertes quelquefois seulement par la mer, et pour pouvoir habiter ces prairies elles-mêmes, on y élevait des monticules en terre, monticules analogues aux *tumulus*, et suffisants pour que des hommes et des troupeaux pussent s'y réfugier pendant les grandes marées; dans tout le reste du temps on parcourait librement les espaces que la mer découvrait. Ces espaces, suivant leur élévation, peuvent non-seulement servir de pâturages, mais aussi donner du foin; on le fauche et on l'enlève pendant l'intervalle des marées. Pour donner des moissons, le terrain a besoin d'être plus élevé que pour produire du foin.

Tertres sur lesquels ils se réfugiaient.

Il existe encore, dans certaines parties de la Hollande, de ces sortes de tumulus, construits ainsi par les anciens Bataves avant le temps des Romains, pour tirer parti de leur pays. On en voit notamment les exemples dans l'île de Walcheren. En en fouillant quelques-uns, on y a trouvé des ustensiles de ce temps-là, qui sont conservés au Musée de Middelbourg.

Il y a dans le Zuyderzée, vis-à-vis de Monickendam, une île, l'île de *Marken*, que ses habitants occupent encore sans digues, suivant la routine ancienne. Ils ont leurs maisons placées sur des monticules artificiels et réunies les unes aux autres par de petits ponts, qui servent à les faire communiquer ensemble quand la mer est haute. Cette île est même assez peu élevée pour qu'elle

puisse être couverte par la mer pendant un temps considérable. Quand le vent souffle du nord-ouest, les parties basses de l'île sont quelquefois couvertes par la mer pendant des semaines entières. En été, elle est le plus souvent découverte à chaque marée; alors il y croît de l'herbe, et elle fournit de bons pâturages et même du foin.[1]

Ce régime est précaire.

C'était cependant une position extrêmement précaire que celle où se trouvait la Hollande lorsqu'elle était soumise tout entière, même dans ses parties les plus basses, au régime que je viens d'indiquer.

Il n'est tolérable que pour les parties rarement submergées.

Ce régime n'est tolérable que dans les parties assez élevées pour n'être que rarement submergées. Les inconvénients qu'il offre pour les parties très-basses n'ont d'autre remède que les digues qui s'opposent à l'irruption des marées.

Les dunes sont une digue naturelle.

Il existe une digue naturelle sur le bord de la mer : ce sont les dunes. C'est seulement le long des bras de mer intérieurs, le long des embouchures de rivières, ou le long du Zuyderzée, qu'on a eu besoin de digues artificielles.

On a dû préférer en général l'établissement des digues.

Excepté dans certains points, tout le Zuyderzée est bordé par des digues; il en est de même des îles de la Zéelande; sur la portion de ces îles qui regarde la mer, il n'y a pas de digues,

Les digues ne sont nécessaires que pour les bras de mer intérieurs.

parce qu'il y a des dunes; mais il y en a sur toutes les côtes intérieures qui bordent les ramifications de l'Escaut et de la Meuse.

Dangers que les hautes marées font courir aux digues.

Il est nécessaire que ces digues soient élevées au niveau des plus hautes mers; et elles sont exposées à beaucoup de dangers dans les très-grandes marées.

1. Deluc, ouvr. cité, tome V, p. 301 ; lettre 131 ; 26 septembre 1778.

Amplitude de l'oscillation des marées sur les côtes de Hollande.

Dans les marées ordinaires, la mer baisse à Katwyk jusqu'à $0,^{m}80$ au-dessous du plan général auquel on rapporte en Hollande les cotes de nivellement, plan qui, comme je l'ai déjà indiqué, représente à peu près le niveau moyen de la mer. Souvent même, avec des vents d'est, la mer baisse à plus d'un mètre au-dessous du plan de comparaison, tandis que le flux ordinaire, ou la marée haute, monte à $0,^{m}70$ au-dessus du même plan, et dans des cas extraordinaires, avec des vents du nord et du nord-ouest, jusqu'à 2 mètres et plus.

Cette amplitude est moindre dans les bras de mer intérieurs.

Dans les bras de mer intérieurs les oscillations sont un peu moindres. La marée basse ordinaire sur le bras de mer appellé l'Y, vis-à-vis d'Amsterdam, descend à $0,^{m}34$ au-dessous du zéro des cotes de nivellement, et avec les vents d'est à $0,^{m}23$ seulement. La haute marée ordinaire y monte à 0,16, et avec les vents du nord et du nord-ouest, à 2 mètres environ au-dessus du même zéro.

Souvent les vents causent des anomalies assez marquées; par exemple, en hiver on observe souvent sur l'Y la basse marée à $0,^{m}45$; les ouragans du 6 décembre 1815, du 29 novembre et 25 décembre 1836, venant du sud et du sud-est, refoulèrent les eaux de l'Y à la mer du Nord, au point que leur niveau descendit de plus d'un mètre au-dessous du reflux ordinaire.[1]

Il faut remarquer que la mer ne croît pas toujours de la même quantité. Suivant la position du soleil et de la lune, il arrive des marées plus con-

1. Écho du monde savant, deuxième année, n.° 43.

sidérables les unes que les autres. Quand l'élévation naturelle de la mer est favorisée par le vent, quand c'est le vent du nord-ouest qui souffle avec violence, certaines marées peuvent atteindre une grande hauteur. Ces très-hautes marées exposent la Hollande à de grands dangers, d'autant plus qu'elles peuvent se combiner avec le gonflement des rivières; du Rhin, de la Meuse, ou des deux réunis, particulièrement si une grande marée coïncide avec la fonte des neiges.

Régime des rivières où la marée remonte.

Il faut remarquer quel est le régime des eaux dans ces rivières sujettes à la marée. Il n'a pas pu se former ici une lagune tout à fait indépendante de la mer; les dunes n'ont pas pu fermer complétement les intervalles compris entre les îles de la Zélande. La côte est restée ouverte dans beaucoup de points. Les eaux entrent avec force à chaque marée en remontant dans les rivières, et font refluer leurs eaux jusqu'à une distance considérable; de sorte qu'à Anvers, par exemple, la mer monte beaucoup. Toutes les eaux entrées dans ces rivières sortent à la basse mer. Il en résulte des courants qui creusent un chenal assez profond, de chaque côté duquel restent des vases, que la mer découvre à chaque marée. C'est là ce qui fait que le port d'Anvers, port assez éloigné de la mer, peut recevoir de grands vaisseaux, même les vaisseaux de ligne. Ce n'est pas que l'Escaut soit en lui-même une rivière très-considérable, mais les eaux de la mer y remontent, et ces eaux, en s'écoulant, creusent un chenal profond.

Gonflements extraordinaires.

Maintenant, quand la marée monte ainsi, il faut

e représenter que c'est une vague assez longue. Cette ague met six heures à monter, six heures à desendre; si la rivière est très-forte, la rencontre de la ague avec le courant la fait monter davantage. De un de ces gonflements extraordinaires dont j'ai arlé. Il arrive ainsi des circonstances où, pendant uelques instants, pendant une demi-heure, par xemple, il y a un très-grand danger pour les digues les eaux sont poussées par un vent violent qui y oulève encore des vagues. C'est dans ces moments-là qu'elles les dépassent quelquefois. Une fois que eau a débordé par-dessus les digues, elle exerce ar elles une action très-destructive; elle tombe n cascades derrière elles, et les digues se trouvent oupées. Ces chutes d'eau creusent profondément le ol, et dans les points où les digues ont été ainsi ébordées, on voit encore en arrière les trous ou uits qui ont été produits dans ces occasions. L'eau e répand alors sur les terres, et il faut ensuite un ravail considérable pour s'en débarrasser. Comment les digues sont coupées.

Le danger que je viens de signaler dure très-peu : une heure, une demi-heure, et souvent moins encore; il disparaît dès que la mer commence à baisser. Il suffit quelquefois, pour le conjurer, de devancer a baisse naturelle de la marée par une baisse artificielle, et il arrive que, pour y parvenir, au lieu e lui laisser couper la digue, on ouvre de petites portes ménagées exprès dans cette même digue : on aisse entrer ainsi un peu d'eau dans les terres; mais n soustrayant cette faible quantité d'eau à la marée, on amoindrit le danger dans le moment où il est le plus menaçant. Moyens de prévenir leur rupture.

Les digues sont calculées tout juste pour ne pas être dépassées par les plus hautes marées, poussées par le vent et rendues plus formidables par un gonflement considérable des rivières. Toutes les parties de la Hollande sont soumises à ces règles-là, sauf une partie qu'on n'a pas osé soustraire au régime un peu précaire des anciens Bataves. On a conquis sur la mer tous les terrains qu'on a pu lui enlever sans danger; mais le danger naît ici de la conquête même. Si on resserre les rivières dans des limites trop étroites, cela fait monter davantage la marée et empire la condition des digues déjà existantes.

Danger de trop rapprocher les digues.

Il faut laisser aux eaux un certain espace pour s'étendre; c'est pourquoi dans la Zéelande on abandonne des espaces très-considérables à la mer. Il y a des espaces couverts par les joncs qu'il ne serait pas difficile de conquérir; on ne le fait pas, de peur de compromettre le sort des terres déjà conquises. On a même craint, dans certaines circonstances, de reprendre à la mer des terres sur lesquelles elle avait fait irruption. C'est le cas du *Biesbosch*, espèce de large golfe que forme la Meuse entre Gertruidenberg et Dordrecht. Il est peu profond et rempli de joncs, comme l'indique son nom, qui signifie en hollandais forêt de joncs. Beaucoup de parties sont même à sec assez longtemps à chaque marée pour qu'il y croisse de l'herbe et qu'on puisse la faucher;

On laisse aux marées la place de s'étendre.

mais quoique ces terres aient été enceintes de digues antérieurement à l'année 1421, où elles furent submergées, on n'ose pas les soustraire une seconde fois aux marées, de peur de rendre de nouveau ces

dernières trop dangereuses pour les digues circonvoisines.

Régime des espaces entourés de digues.

Le régime des parties basses préservées par les digues de l'irruption des hautes marées, mérite, sous plusieurs rapports, une attention particulière. Si ces espaces étaient hermétiquement fermés, ils tendraient à se remplir d'eau par l'effet des pluies, et alors le remède serait pire que le mal, parce que cela tendrait à faire naître des lagunes où les eaux s'élèveraient au niveau des digues; mais on ménage dans les digues des portes qui peuvent s'ouvrir quand la mer descend, de sorte que l'eau s'écoule pendant que la marée est basse. On ferme les portes seulement quand la mer monte, de manière à l'empêcher de refluer par ces ouvertures. On fait des saignées dans les terres par des canaux, on met des portes à ces canaux, et on les ouvre lorsque la mer est basse : l'eau peut s'écouler pendant ce temps.

Cas où les eaux peuvent s'écouler à la marée basse.

Espaces plus bas que les basses marées ; *polders*.

On applique même ce système à des parties qui sont au-dessous du niveau des basses mers : ces parties-là portent le nom de *polders*. Les polders sont en général des parties que l'écoulement des eaux, opéré pendant la basse mer, ne suffirait pas à assécher. Il est indispensable de débarrasser ces parties-là de leurs eaux au moyen de machines d'épuisement.

Les épuisements y sont nécessaires.

Ces parties sont entourées de digues de tous côtés, et ces digues bordent ordinairement les canaux dans lesquels s'opère la circulation commerciale. Le niveau de ces canaux, qui est réglé sur celui de la basse mer, est plus élevé que celui des terrains dont il s'agit. On fait dans ces terrains des saignées. On

établit des machines pour puiser les eaux qui se réunissent dans ces canaux bas, et pour les verser dans les canaux supérieurs; car il en existe à plusieurs niveaux successifs, et les eaux sont élevées graduellement d'un étage à l'autre. Les machines d'épuisement sont ordinairement des machines à chapelet, mises en mouvement par des moulins à vent. On calcule que chacun de ces moulins tourne environ trente-six jours par an, en moyenne. Le régime atmosphérique de la Hollande permettrait même de les faire tourner pendant 60 jours. On les multiplie assez pour opérer le desséchement d'une manière complète en temps opportun.

Moulins à vent.

On parvient ainsi à maintenir dans un état propre à la culture beaucoup de *polders*, dont le sol est de 12 et même de 15 pieds (4 à 5 mètres) au-dessous des plus basses marées.[1] On cultive beaucoup de parties de la Hollande dont le sol est à 24 pieds au-dessous des hautes marées ordinaires, et à 30 pieds au-dessous des très-hautes mers.

La mise en valeur des terrains submersibles est la spécialité des Hollandais.

La mise en valeur des terrains submersibles est regardée depuis un grand nombre de siècles comme la *spécialité des Hollandais*. En 1106, *Fréderic*, évêque de Hambourg, permit aux Hollandais de mettre en valeur, à leur profit, les terrains *incultes* et marécageux des bords de l'Elbe, près de Stade. On a aussi un diplôme de *Henri*, duc de Bavière et de Saxe, qui concéda, en 1171, à des étrangers un marais des bords du Weser, près de Brème, *aux mêmes conditions* (est-il dit dans l'acte) *qu'on a déjà faites à des Hollandais établis dans les mêmes ter-*

1. Deluc, ouvr. cité, tome V, p. 110; lettre 120; 9 sept. 1778.

rains[1]. Depuis lors, les Hollandais ont été appelés dans beaucoup de pays qu'il s'agissait de disputer aux eaux, comme dans le marais Vernier, à l'embouchure de la Seine; dans ceux de Dol (en Bretagne); dans ceux des côtes de la Vendée, de la Charente inférieure, des Bouches-du-Rhône; dans les marais Pontins, etc.

Marche suivie dans la Hollande même.

Rien n'est plus propre à donner une idée juste des phénomènes naturels dont la Hollande est le théâtre et le produit, que d'observer comment elle a été conquise sur les eaux pour être amenée à son état actuel, qui, ainsi que nous venons de le voir, est tout à fait artificiel.

Nous avons des données historiques sur la Hollande depuis 1900 ans, et, ainsi que nous l'avons déjà vu, on peut y retrouver les traces de traditions beaucoup plus anciennes. Les premiers hommes qui ont peuplé la Hollande, ont été vraisemblablement des pêcheurs; car, dès la première origine de la civilisation, on a dû faire la pêche sur la mer au moyen de petits bateaux. Aussitôt que les Celtes ont mis le pied sur la mer du Nord, une des premières choses qu'ils ont faites, a été nécessairement de naviguer le long de la plage extérieure, et de s'établir sur les terrains situés immédiatement en arrière des dunes, terrains qui sont naturellement un peu moins bas que l'intérieur du pays.

La Hollande du temps des Romains.

Telle est l'idée la plus simple qu'on puisse se faire de la manière dont la Hollande a été peuplée originairement. A l'époque de la conquête des Gaules et de la Belgique par Jules-César, la Hollande était ha-

1. Deluc, ouvr. cité, tome V, p. 111; lettre 120; 9 déc. 1778.

bitée principalement par les Bataves (*Batavii*). Après la conquête de la Belgique ils firent alliance avec les Romains; ce qui annonçait un peuple ayant déjà une certaine puissance. Il y eut ensuite des gouverneurs romains. Au commencement de l'ère chrétienne, sous le règne de Vitellius, les Bataves, sous la conduite de *Civilis*, entreprirent sans succès de secouer le joug. Ils subirent celui des Saxons dans le 2.e siècle, et furent soumis dans le 8.e par Charles-Martel.

Malgré tout ce qu'avait de précaire la manière dont les Bataves occupaient leur pays, il paraît qu'ils en tiraient un très-bon parti. D'après la manière dont les auteurs latins en parlent, il est évident que les Romains ont attaché du prix à cette conquête et qu'ils s'y sont eux-mêmes installés. La ville de Leyde (*Lugdunum Batavorum*) a été bâtie à l'époque de la domination romaine sur le vieux Rhin, lequel, ainsi que nous l'avons vu, n'est plus aujourd'hui qu'un canal. A l'endroit où il se jetait dans la mer, on a trouvé des restes de monuments anciens appelés *huis te Britten*, dans lesquels on a cru reconnaître un fort romain, *arx britannica*, renfermant une maison de plaisance d'Agrippine et une douane; cela annoncerait qu'à cette époque les Romains étaient maîtres du pays, d'où ils partaient pour faire des expéditions dans la Grande-Bretagne.

La première digue est attribuée à Drusus.

Il est assez difficile de croire que les premiers habitants du pays n'ayent pas eu l'idée d'établir quelques digues. Toutefois, leur principal moyen d'utiliser les parties que la mer couvre seulement

dans les grandes marées, était d'y élever des *tumulus*, sur lesquels ils se retiraient. On attribue à *Claudius Drusus*, l'un des gouverneurs romains de la Hollande, la première digue élevée pour soustraire le territoire hollandais au caprice des eaux, et cela prouve au moins qu'avant lui les digues ne jouaient pas un rôle important.

Les digues construites du temps des Romains, étaient sans doute bien différentes de celles qu'on établit de nos jours, et surtout les canaux de cette époque différaient beaucoup des nôtres. Aujourd'hui les canaux sont combinés de telle sorte que les bâtiments qui naviguent sur la mer peuvent y entrer par des écluses. Or, l'invention des écluses ne remonte qu'au 12.e ou au 13.e siècle; elles ont été précisément inventées dans ces contrées : jusque-là les vaisseaux ne pouvaient remonter dans les canaux. Antérieurement à l'invention des écluses, on avait sans doute imaginé des vannes analogues à celles des moulins à eau, pour empêcher l'eau de la mer d'entrer dans les canaux et pour permettre à celle des canaux de s'écouler à la mer basse. Cette invention date probablement de l'établissement des premiers habitants : l'usage des moulins à eau date de l'époque de Jules-César; mais on a la date la plus ancienne qu'on puisse assigner à l'établissement des *polders* par celle de l'établissement des moulins à vent, introduits en Europe à l'époque des croisades.

Perfectionnements amenés par l'invention des écluses et l'introduction des moulins à vent

Jusque-là, il est vraisemblable qu'une partie considérable du pays est restée soumise au régime ancien, sous lequel les marées pouvaient faire librement leurs incursions. Ce sont les phénomènes qui

La Hollande est l'ouvrage des phénomènes antérieurs à l'endiguement général.

se sont passés là tranquillement, pendant plus de 4000 ans, sous le régime des incursions libres de la mer, qui ont produit le sol des Pays-Bas tel que nous le voyons maintenant. La Hollande endiguée n'a eu encore qu'une très-courte existence comparativement à celle qu'a eue la Hollande ouverte librement aux marées.

Les digues ont commencé à jouer un grand rôle vers le 12.e siècle.

C'est vers le 12.e siècle que les digues ont commencé à jouer un très-grand rôle en Hollande. Elles ont fourni le site primitif de plusieurs villes, qui en ont pris leur nom, comme Rotterdam et Amsterdam : le mot *dam* signifie digue en hollandais. Rotterdam se trouve à la jonction d'une petite rivière qu'on appelle la Rotte, avec la Meuse; et son nom veut dire la digue de la Rotte. Le nom d'Amsterdam veut dire la digue de l'Amstel. Cette ville, qui n'était encore qu'un village au 12.e siècle, a été bâtie sur la digue de l'Amstel; elle a été fortifiée en 1482, et s'est considérablement développée à l'époque des guerres des Provinces-Unies contre l'Espagne.

Origine de Rotterdam et d'Amsterdam.

Progrès ultérieurs.

La conversion en *polders* de toutes les parties de de la Hollande susceptibles de desséchement n'est pas encore un fait définitivement accompli; mais on travaille tous les jours à le compléter par des nouveaux travaux. Il y a des parties qui n'ont pas encore été desséchées jusqu'à présent et qui pourraient l'être sans danger : telle est, par exemple, la mer de Harlem. Cette mer de Harlem, qui n'est qu'un lac d'*eau douce*, occupe aujourd'hui un assez grand espace. Cet espace a été anciennement une série de tourbières, dont l'exploitation a fait naître des étangs. Les eaux de ces étangs ont, dit-on, démoli

Extension progressive de la mer de Harlem.

les berges qui les entouraient, et ont ainsi graduellement étendu leur lit, qui s'est agrandi d'une manière étonnante par suite de l'abaissement d'une digue, en 1530, près de Sparndam. A cette époque la mer de Harlem contenait seulement 3040 journaux (le journal de 600 ruthen carrées). La mer de Leyde, qui était alors séparée de la première, contenait 2175 journaux; la mer de Spiering 850, et la mer vieille 520; en tout 6585 journaux. Ces mers, réunies en une seule, contenaient déjà en 1591 12,375 journaux; en 1647, 17,082 journaux; en 1689, 18,100 journaux; en 1740, 19,500 journaux, et en 1769, en y comprenant les marais, qui ne forment presque avec elle qu'un seul tout, environ 30,000 journaux ou 15,000 hectares. Dans ces derniers temps on a cherché à prévenir, par l'élévation des digues, une extension encore plus grande de cette masse d'eau douce.[1]

Sa profondeu

Le lit de la mer de Harlem, dans sa partie la plus profonde, est à 4 mètres au-dessous du plan général de comparaison des cotes de nivellement de la Hollande; la profondeur moyenne ne dépasse pas 3 mètres au-dessous du même zéro. Les eaux, en dispersant les débris de cette tourbe qui s'est sans doute en partie décomposée, en ont étendu la matière sur leur fond, où elle forme une couche argileuse éminemment propre à la culture; mais c'est un sol assez bas, assez difficile à protéger.

Son desséchemei projeté.

Déjà avant l'année 1778 on avait conçu le projet d'assécher cette région au moyen de machines à vapeur. La chose paraît être au moment de s'exécuter,

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 349.

et la mer de Harlem doit bientôt disparaître des cartes géographiques. On avait eu l'idée de commencer l'assèchement en faisant un canal à travers les dunes. Comme les oscillations de la marée sont plus considérables dans la mer qui borde extérieurement les dunes que dans le Zuyderzée, on croyait pouvoir y faire écouler les eaux; mais au moyen de machines à vapeur on assèchera beaucoup plus bas encore.

La cote de la surface moyenne de l'eau dans les canaux qui couperont le fond de la mer de Harlem après son desséchement sera de 4,^{m}90 à 5 mètres au-dessous du zéro des cotes de nivellement. Cela fera plus de 7 mètres au-dessous des plus hautes marées à Katwyk.

Son desséchement est en voie d'exécution.

La mer de Harlem, telle qu'on la dessèche aujourd'hui, y compris le Spieringmeer, a une superficie de 18,100 hectares (181 kilomètres carrés); l'endiguement de la mer de Harlem a un développement d'environ 9 lieues marines ou 50,000 mètres; le nouveau canal de dérivation vers Katwyk a une longueur d'environ 9000 mètres.

On a calculé que le desséchement de la mer de Harlem exigerait la construction de 114 moulins à vent; mais qu'il pourra s'effectuer plus économiquement au moyen de 6 machines à vapeur de 200 chevaux chacune, employées à mouvoir des pompes.

Il y a déjà plus de 60 ans qu'on parle de l'établissement de machines à vapeur pour assécher la mer de Harlem; mais on hésitait encore sur la meilleure manière de les appliquer. Dans sa séance du 18 mai 1844, la Société hollandaise des sciences

Iarlem a décerné une médaille d'or à un Mémoire M. Fijnje, ingénieur en chef des ponts et chaus-:s à Nimègue, sur le choix des machines à em-oyer pour le dessèchement de la mer de Harlem r la vapeur.

Le dessèchement prochain de ce grand lac a en-gé la même société à proposer, pour le sujet d'un ix à décerner en 1845, la question de savoir : ıelles sont les observations physiologiques et phy-ques dont ce dessèchement fournira l'occasion, et mment il faut se préparer pour être à même de bien faire?

Deux amas d'eau, semblables à la mer de Har-m, la mer de *Diem* et la mer de *Beilm*, dans l'Am-:lland, ont été anciennement desséchés et mis en leur, de même qu'un lac autrefois très-remar-ıable de la Nord-Hollande, le lac de *Beemst*[1]; et est probable qu'on réussira à conquérir beaucoup ıutres terrains sur les lacs et les bras de mer de la ollande. Autres desséchements possibles.

La Hollande touche peut-être à une époque de ogrès plus développé encore, dans laquelle on ussera l'assèchement beaucoup plus loin au moyen machines à vapeur. On pourrait aussi, à l'aide ce puissant auxiliaire, élever le sol des Pays-Bas se servant d'un procédé très-connu, appelé le *col-ıtage*.

L'auteur anonyme d'un ouvrage hollandais, in-ılé : *Natuure en Waterloopkundige Grondrege-*, soutient que la manière dont les habitants des ys-Bas ont cherché à protéger leurs terres contre Les digues font perdre une partie du limon destiné aux Pays-Bas.

[1] Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 350.

les eaux par l'endiguement, a été pour ce pays la cause d'une décadence inévitable. Il montre que l'endiguement des fleuves concentre le limon et le sable qu'ils charrient dans leur lit et dans leurs embouchures; que par là le fond de leur lit se trouve élevé, et leurs embouchures encombrées de bancs de sable, ce qui fait que la terre, qui ne reçoit plus aucun accroissement par le limon des fleuves, demeure toujours basse, et qu'on se trouve dans la nécessité d'élever continuellement des digues; déjà, dit-il, l'eau d'un grand nombre de canaux se trouve à un niveau plus élevé que les terres adjacentes; c'est là ce qui amène la possibilité d'irruptions épouvantables, telles que celle du *Biesbosch* et plusieurs autres. Cet auteur cite à ses compatriotes l'exemple des Égyptiens, qui n'ont pas endigué leur Nil, mais qui, en distribuant sur une grande partie du pays l'eau de ses inondations, y répartissent en même temps le limon dont elles sont chargées, et par là élèvent le niveau des terres d'une quantité aussi égale que possible à l'élévation du lit lui-même. Les fleuves des Pays-Bas n'ont pas de crues périodiques comme celui de l'Égypte, mais l'auteur croit que les eaux de l'hiver pourraient y être employées comme le sont en Égypte celles provenant des crues périodiques du Nil.»[1]

Dans l'état actuel des choses, les eaux des rivières trop resserrées par des digues ne déposent même pas complétement leurs sédiments; leurs eaux sont entraînées dans la mer avec une partie considérable du limon qu'elles charrient : elles y font naître de

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 350.

bancs de vase à de grandes distances des embouchures. Près des côtes il ne se fait guère que des accumulations de sable, et encore la forme des bancs et des plages de sable change très-peu; seulement le sable s'accumule et forme des dunes qui empiétent sur l'intérieur du pays. Les dépôts vaseux vont combler des dépressions lointainaires dans le fond de la mer du Nord, ou bien, repoussés par le mouvement des vagues, ils concourent à combler les lagunes demi-ouvertes qui existent derrière les tronçons du cordon littoral, ainsi que nous l'avons indiqué pour les côtes de la Frise; mais il ne s'en dépose pas sur les plages toujours sablonneuses du cordon littoral. C'est pour cela que ces plages sont fréquentées en mille endroits pour les bains de mer : à Dunkerque, à Ostende, à Domburg, à Scheweningen, etc., tandis que dans les eaux intérieures on ne prendrait que des bains de vase.

Avant que les embouchures des rivières fussent resserrées par des digues, les sédiments avaient bien plus de facilité encore pour s'y déposer, et il en passait beaucoup moins à travers les ouvertures du cordon littoral. On pourrait faire servir les digues à soustraire à la mer une partie de ce tribut précieux, et à le fixer, par le moyen du *colmattage*, sur la surface même de la Hollande.

On pourrait se servir de digues pour les fixer. *Colmattage.*

Lorsqu'une rivière ou un bras de mer est bordé par des digues, l'essentiel est que les eaux, si elles venaient malheureusement rompre ces digues, ne se précipitent pas en trop grande quantité dans l'intérieur du pays; car alors la nécessité de retirer ces eaux donne un travail énorme aux moulins à vent.

Afin de rendre cet accident plus difficile, on établit une seconde digue en arrière de la première, et on réunit même ces deux digues entre elles par des digues transversales qui divisent toute la zone intermédiaire en une série d'œillets. Ces œillets, construits ainsi par mesure de précaution, pourraient aussi servir au colmattage, opération qui serait extrêmement importante pour tout le pays; car elle aurait pour effet de transformer tout l'espace occupé par les œillets en une énorme digue d'une largeur égale à l'intervalle des deux digues primitives. En effet, lorsque les rivières sont très-chargées de sédiments, lorsque leurs eaux sont très-bourbeuses, on peut laisser entrer de l'eau dans ces différents œillets et l'y laisser reposer; quand elle est bien clarifiée, on peut l'enlever au moyen des machines d'épuisement, et en renouvelant cette opération d'année en année, on finirait par combler entièrement les œillets.

Maintenant que l'on a la ressource des machines à vapeur, on pourrait multiplier beaucoup ces opérations. Après avoir élevé le sol situé entre les deux digues; on pourrait élever ensuite une troisième digue en arrière de la seconde, et de cette manière on éleverait finalement le sol de la Hollande tout entière jusqu'à un niveau égal à celui des plus hautes marées.

Impossibilité de faire reculer la mer.

L'emploi judicieux de tous ces moyens combinés permettrait d'améliorer beaucoup encore l'état physique des Pays-Bas; mais s'établir en dehors de la digue naturelle que la mer s'est créée à elle-même en amoncelant sur ses bords le sable des dunes

serait une œuvre bien autrement difficile. Aussi, n'est-il pas à présumer qu'on parvienne jamais à prendre pied dans la mer du Nord. Vous savez combien a été coûteuse la construction de la digue de Cherbourg. Cependant cette digue, destinée à fermer une petite baie, se trouve dans une localité extrêmement favorable. On peut boucher par des digues les ouvertures que présente la ligne des dunes, comme on l'a fait à Ostende et en quelques autres points; mais vouloir faire reculer la mer sur une longueur aussi grande que celle du cordon littoral de la Hollande, qui, du cap Blanc nez, près de Calais, à l'île de Wrangeroog présente un développement de 506 kilomètres, serait évidemment une entreprise supérieure aux forces humaines.

Différence entre les phénomènes extérieurs et intérieurs.

Vous voyez clairement ici la différence entre les phénomènes intérieurs et les phénomènes extérieurs. A l'intérieur, les hommes, avec des capitaux suffisants, peuvent modifier en grande partie l'état des choses à leur gré : il n'en est pas de même à l'extérieur.

Irruptions de la mer sur le sol des Pays-Bas.

Il se passe cependant aussi quelquefois dans l'intérieur du cordon littoral des phénomènes supérieurs à toutes les forces humaines. Ainsi la Hollande a été exposée à plusieurs grandes incursions de la mer. C'est là un phénomène extrêmement remarquable.

Formation des lagunes de la Flandre, aujourd'hui desséchées.

Du temps des Romains, et avant le 5.ᵉ siècle de l'ère chrétienne, le littoral de la Flandre était occupé en partie par des bois, et en partie par des pâturages. Vers le 5.ᵉ siècle, la mer fit irruption à travers les dunes[1], et forma derrière ce rempart des lagunes

1. Lyell, *Principles of geology*; 6.ᵉ édition; tome II, page 88.

considérables qui se sont remplies de vase. Cette vase porte la trace de son origine : on y trouve des coquilles marines. On est parvenu à reconquérir ces terrains par des digues, et on voit des espaces assez considérables, soit dans les environs de Neuport, soit dans le département du Nord, qui ne peuvent être cultivés que parce qu'ils sont entourés de digues soumises à un régime analogue à celui de la Hollande.

Quelques auteurs croient que du temps de César les îles de la Zéelande étaient unies entre elles et ne formaient qu'un seul tout[1], mais il est difficile de trouver sur ce point des documents précis. Les changements dans la configuration du sol sont devenus beaucoup plus sensibles en Hollande depuis l'établissement d'un système général de digues; il est difficile qu'on ait des notions exactes sur ceux qui sont arrivés à l'époque où chaque grande marée envahissait librement la plus grande partie du pays.

Empiétements des bras de mer de la Zéelande.

Il paraît certain, cependant, que dans l'année 1337 une inondation détruisit 14 villages à l'ouest du canal appelé le Hont[2], dans la Flandre hollandaise. Plus tard, en 1532, les flots ont emporté la partie orientale de l'île de Sud-Beveland avec un grand nombre de villages et les villes de Borselen et de Remerwale, sur la rive gauche de l'Escaut oriental. De même, sur l'île de Nord-Beveland, elles ont enlevé dans les irruptions de 1530 et 1532, le village de Campen, qui faisait face à la ville de Terveer, et la ville de Kortgene. L'île d'Orisant, qui se trouvait au

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 318.
2. Dr. Mann, Mémoires de Bruxelles, a. a. O. S., 115, cité par M. de Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 317.

nord-est de celle de Nord-Beveland, et qui s'étendait jusqu'à Zirikzée, a été emportée par les vagues en 1658. L'île de Schouwen s'étendait autrefois plus loin au sud qu'aujourd'hui, et l'Escaut oriental, qui la sépare du Nord-Beveland était si peu large, que les habitants des deux îles pouvaient se parler d'une rive à l'autre; mais les flots ont enlevé peu à peu tant de terrain, que le fleuve a maintenant un mille hollandais de largeur. La ville de Bommens, sur la côte septentrionale de l'île de Schouwen, a été complétement détruite par les vagues.[1]

Formation du Biesbosch.

Plus haut, sur le cours des rivières, nous devons surtout remarquer les changements considérables qu'a subis la région immédiatement au-dessus de Dordrecht, nommée *Sud-holländische-Waard*. Déjà depuis longtemps les eaux réunies du Waal et de la Meuse l'avaient menacée de leurs ravages, qu'elles avaient même en partie réalisés. Par exemple, elles avaient détruit le village de Waal, qui est encore mentionné dans des titres de 1064. Dans l'année 1421, le 19 novembre, le fleuve renversa complétement la digue sur sa rive gauche (*das alte Wiel*), se précipita par la brèche vers l'embouchure appelée Haringvliet, et produisit la grande nappe d'eau appelée *Biesbosch*, qui s'étend depuis Gertruidenberg jusqu'à l'île de Dordrecht. La région ainsi inondée, nommée auparavant *Bergse-Veld*, contenait 71 villages, dont 22 sont restés sous les eaux : longtemps après on pouvait encore y reconnaître leurs clochers. Une petite partie de la contrée inondée près de Dordrecht a été, par degrés, élevée de nouveau, puis environnée de

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 322.

digues, et elle forme aujourd'hui une île. On attribue cette grande irruption à ce que les eaux étaient trop resserrées dans la contrée dont il s'agit par l'endiguement du district sur la rive droite du Merwede, et on n'a pas reconquis le terrain complétement, parce qu'on a craint que, si on resserrait de nouveau la Meuse, la marée ne reprît assez de force pour reproduire un phénomène analogue. Ce changement a eu une grande influence sur le régime des eaux dans cette partie des Pays-Bas[1]. On a laissé les eaux en possession d'une partie des terrains envahis, et c'est un de ces cantons qui, quoique submergés pendant les grandes marées, peuvent être fauchés.

Plus loin encore dans l'intérieur l'île de *Grünewert*, dans le Leck, non loin de Houten, qui continue à être mentionnée jusque dans des documents de l'année 1228, a été détruite depuis cette époque[2].

Formation du Zuyderzée.

Mais la plus remarquable des irruptions que la mer a faites en Hollande, est celle qui a formé le Zuyderzée. Cette vaste lagune n'a pas toujours existé avec la forme qu'elle nous présente aujourd'hui : dans l'origine c'était un lac qui ne communiquait pas avec la mer, il s'appelait le lac *Flevo*, ou du moins ce lac occupait la position qu'occupe aujourd'hui la partie méridionale du Zuyderzée, c'est-à-dire la partie la plus avancée dans les terres du grand golfe qui sépare la Hollande de la Frise, la partie située au sud de la ligne tirée de Staveren à Enkhuysen.

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 325.
2. *Idem*, tome I.er, page 347.

Pomponius Mela le décrit comme un lac au milieu des terres, et d'après cet auteur il avait été formé par l'inondation de quelques terrains bas que les eaux du Rhin avaient envahis. Pline ne donne aucun nom à ce lac, mais il mentionne son existence, ou plutôt celle de plusieurs lacs qui auraient existé dans la même contrée. Tacite parle aussi de ces lacs. L'Yssel tombait dans ces eaux intérieures, et, continuant son cours au delà, atteignait la mer du Nord entre les îles appelées aujourd'hui Vlieland et ter Schelling. La première faisait alors continuité avec celle du Texel, et celle-ci avec la Nord-Hollande, les canaux de séparation n'ayant pas encore été creusés par la mer.

Les envahissements successifs par lesquels ces lacs et une grande partie des territoires adjacents furent transformés en un grand golfe, commença dans les premières années et se compléta vers la fin du 13.e siècle. Alting donne la relation suivante du phénomène d'après des documents manuscrits des abbés de Worcum, *Emo* et *Manco*, contemporains de l'événement. «Dans l'année 1205, l'île appelée aujourd'hui Wieringen, au sud du Texel, n'était pas encore détachée de la terre ferme. Dans les années 1219 en janvier, 1220 à trois reprises différentes, 1221 en janvier et septembre, 1246 en octobre, 1249 en décembre, et 1251, se succédèrent de grandes inondations venues du nord, par l'effet desquelles le golfe au nord-ouest du lac *Flevo* se trouva agrandi. L'île de Wieringen fut détachée du continent par la démolition des terres circonvoisines, et la mer prépara la rupture de l'isthme qui joignait la Frise

(aujourd'hui la Nord-Hollande) au comté de Staveren (dans la Frise occidentale actuelle), isthme qui n'était traversé que par le canal de décharge des eaux réunies de l'Yssel et du Rhin (si même ce canal existait). La rupture complète de cet isthme s'opéra enfin, soit pendant les grandes marées qui, en 1282, se succédèrent durant plusieurs jours consécutifs, soit dans le cours des années suivantes; car on possède des documents établissant que du temps du comte Florentinus V, qui régna de 1256 à 1296, Médemblick se trouvait déjà sur le rivage d'un golfe, et que dans l'année 1297 la mer s'étendait au sud de Staveren."[1] Le terrain de l'isthme était naturellement très-bas; la mer, en faisant irruption, paraît en avoir encore abaissé le niveau au point de pouvoir le couvrir à présent sur toute sa largeur à la marée haute. Cependant il y est resté de nombreux hauts-fonds; c'est ce qui fait que les grands vaisseaux ont de la peine à arriver jusqu'à Amsterdam.

Formation du Dollart.

L'embouchure de l'Ems présente une grande lagune, le *Dollart*, formée aussi par une irruption de la mer. Du temps des Romains ce golfe n'existait pas encore. L'Ems se déchargeait alors dans la mer par deux ou trois embouchures. Le *Dollart* occupe la place où se trouvait dans ces temps reculés le *Reidenland* (*terra reidensium*). Une grande marée, survenue le jour de Noël de l'année 1277, commença l'envahissement de cette terre. Dans les années 1278, 1280 et 1287, de grandes marées produisirent encore de nouvelles invasions, et la destruction fit constamment de nouveaux progrès pendant plusieurs siècles.

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 355.

En 1507 il restait encore quelque chose de la ville assez importante de *Torum.* Ce ne fut qu'en 1539 qu'on commença à élever du côté de la terre une digue assez forte pour prévenir les empiétements ultérieurs de la mer. La région qu'elle avait dévorée contenait, outre la ville de *Torum,* 50 bourgs, villages ou abbayes, les plus riches de la Frise, et le rivage avait reculé de 13,000 pas. Deux cours d'eau, qui arrosaient cette terre, la *Tiam* et l'*Esche,* ont été par là effacés du catalogue des rivières. Le nouveau golfe avait une surface d'environ 6 milles d'Allemagne carrés (353 kilomètres carrés); mais son étendue a été diminuée par le dépôt de nouveaux terrains, qui occupent déjà 3 ½ milles d'Allemagne carrés (202 kilomètres carrés), et par là le village de *Bunda* qui, pendant les deux siècles immédiatement postérieurs à la première catastrophe, avait joui d'un bon port, se trouve de nouveau à une lieue du rivage.[1]

Le phénomène qui a donné naissance au *Dollart* s'est reproduit sur le côté oriental de la seigneurie de *Jever* dans la *Jahde.* Ce golfe, qui a une surface de 3 milles carrés d'Allemagne (176 kilom. carrés), est aussi de nouvelle origine; après quelques irruptions préliminaires, il fut définitivement formé en 1218. Cependant diverses localités, qui se trouvaient auparavant dans l'espace qu'il occupe aujourd'hui, ont continué à être habitées jusqu'en 1422. En 1511 une grande marée dévora plusieurs paroisses du bailliage de *Rustringen,* et en 1651 des terres ont encore été entraînées.[2] Formation de la Jahde.

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 359.
2. *Idem, ibid.*, page 361.

Ces irruptions de la mer ont donc été des phénomènes extrêmement fréquents dans les Pays-Bas. Elles se sont reproduites dans ces contrées pendant plusieurs siècles successifs. La mer n'a pu pénétrer ainsi dans l'enceinte protégée par le cordon littoral sans y produire quelques brèches; elle tend même à le faire reculer, et on remarque qu'en général, la mer ronge la côte occidentale et septentrionale de la Hollande; mais les changements qu'elle y a produits sont bien moins sensibles que ceux que ses eaux ont fait naître dans l'intérieur du pays. Les changements de la côte seraient à peine sensibles sur la carte, tandis que la configuration de plusieurs contrées de l'intérieur s'y trouve changée totalement. Cependant les effets produits par l'action de la mer sur le cordon littoral sont en eux-mêmes très-remarquables, et je dois aussi vous les faire connaître.

Action de la mer sur le cordon littoral.

Ile de Kadzand. De 1703 à 1746 l'île de Kadzand a perdu plus de 1000 klafter (2000 mètres) de ses dunes.[1]

Ile de Walcheren. Dans l'île de Walcheren, près de Westcapelle, la mer a emporté les dunes et une portion de côte considérable[2]. Il paraîtrait cependant qu'elle a empiété plus encore sur le reste des côtes des Pays-Bas que sur celles-ci, car la partie de l'île de Walcheren voisine de Westcapelle fait saillie sur la ligne générale des rivages.

Schewenigen. Dans le village de Schewenigen, situé près de La Haye, dans un intervalle des dunes, la mer a

1. Tob. Bergmann, *Phys. Beschr. der Erdkugel*, 2 *Th.*, S. 150, cité par M. de Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 317.

2. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 322.

enlevé une certaine largeur de la côte et des dunes, de manière que l'église, qui était originairement au centre du village, se trouve maintenant près de la plage. Une seule grande marée a enlevé la moitié du village dans l'année 1570.

Le clocher du village de Katwyk, près de Leyde, se trouvait autrefois loin de la mer. Il est maintenant près du rivage, et depuis l'année 1719 jusqu'au moment où Bergmann a écrit sa Géographie physique, la mer avait empiété de plus de 100 klafter (200 mètres) sur les terres; deux rues de Katwyk avaient été emportées. Près de l'emplacement de ce village se trouvait autrefois le fort romain appelé *Arx britannica* (*het Huis te Britten*), dont la construction est rapportée à l'empereur Claude. Les fondements de ce château se trouvent actuellement dans la mer, où on les a encore aperçus récemment à environ 600 pas de Katwyk. Katwyk.

L'invasion de la mer dans le Zuyderzée pendant le 13.e siècle a été l'occasion de beaucoup de changements dans les contours de la terre ferme et des îles; non-seulement des terres ont été détruites, mais d'autres ont été créées. Il s'opère encore des modifications continuelles; mais la mer, dans l'état actuel des choses, semble avoir plus de tendance sur cette ligne à détruire qu'à créer. Il paraît que plusieurs des îles qui protégeaient les côtes de la Frise ont été emportées par la mer. Pline comptait vingt-trois îles entre le Texel et l'embouchure de l'Eider, sur les côtes du Holstein. Aujourd'hui, dans le même espace, on n'en trouve plus que seize, qui sont : 1.° le *Texel*, 2.° *Vlieland*, 3.° *ter Schelling*,

Action de la mer sur les îles qui bordent les côtes de la Frise.

Leur nombre a diminué depuis l'époque de Pline.

4.° *Ameland*, 5.° *Schiermonnikoog*, 6.° *Bosch*, 7.° *Rottum*, 8.° *Borkum*, 9.° *Juist*, 10.° *Norderney*, 11.° *Baltrum*, 12.° *Langeroog*, 13.° *Spikeroog*, 14.° *Wrangeroog*, 15.° *Neuwerk*, 16.° *Helgoland*. Cependant, de ces seize îles, les deux premières, du temps de Pline, étaient encore unies à la Hollande, et ne pouvaient compter au nombre des îles.

Le Texel n'est devenu une île que depuis la formation du Zuyderzée.

Le fleuve *Flevo*, qui sortait du lac de ce nom, où tombaient une partie des eaux du Rhin et qui, par conséquent, était, à proprement parler, une branche du Rhin, paraît avoir eu son embouchure, à l'époque des Romains, dans l'emplacement du canal qui sépare aujourd'hui les îles de Vlieland et de ter Schelling. Il paraît aussi que les deux passages qui existent aujourd'hui au nord et au sud de l'île de Texel ont été produits depuis lors par des irruptions de la mer. Auparavant le Texel se joignait d'une part à la Nord-Hollande, et de l'autre à Vlieland. L'ancienne bouche du *Flevo*, entre Vlieland et ter Schelling, a été elle-même fort élargie, et la mer a enlevé des parties considérables de l'île de Vlieland, et notamment le village de West-Vlieland tout entier.[1]

Changements notables, éprouvés par quelques-unes des îles de la côte de Frise.

Les îles de *Borkum* (*Burchana*), d'*Juist* et l'ancienne île de *Bant*, en avant de l'embouchure de l'Ems, paraissent, dit Alting, avoir été unies autrefois et n'avoir été séparées l'une de l'autre par la mer qu'à une époque récente. Borkum a une demi-lieue de largeur du sud au nord, et une lieue et demie de longueur de l'ouest à l'est; elle doit avoir eu à une

1. Le Franc de Berkley, I.re partie, page 215, cité par M. de Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 356.

époque antérieure 12 à 16 milles carrés d'Allemagne de superficie. Récemment encore on a reconnu l'existence de constructions sur la plage que la mer laissait à sec près de sa côte occidentale. Le Ranzel, qui n'est plus qu'un banc de sable, appartenait aussi à cette île, et deux villages, Hamswester et Etum, doivent y avoir existé. Dans le 9.e siècle, l'île de Borkum était encore très-grande, et c'est à une époque récente qu'elle a été partagée par la mer en deux parties, qui se tiennent encore à la mer basse. Juist continue à perdre des terres sur sa côte nord-ouest, mais les alluvions s'y ajoutent vers le sud-est. Quant à Bant, ce n'est plus qu'un banc de sable couvert par la mer. La petite île de *Buissen* (*Busa*), qui n'est maintenant qu'un plateau sablonneux verdoyant, submergé dans les grandes marées, paraît également avoir été unie à l'île de Juist. L'ancienne embouchure principale de l'Ems était située entre Borkum et Bottum; une autre, plus petite, le Buissen-Diep, qui n'a peut-être jamais été navigable pour de grands vaisseaux, se trouve près de Buissen. La première doit être l'Ουιδρος de Ptolomée, et Alting traduit ce nom formé à la manière grecque par *la plus large* (embouchure), ainsi que les indigènes l'avaient nommée pour la distinguer des autres plus petites ou plus étroites. On croit que la destruction des îles de *Bant* et de *Buissen* a eu lieu dans le 12.e siècle, et selon toute apparence dans une grande marée survenue en 1170. Certains documents semblent établir que dans le 9.e siècle *Bant* était encore unie à Borkum.[1]

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, pages 357 et 360.

« L'île de *Langeroog* a été, dans ces derniers temps, divisée par la mer en trois parties. Celle de *Wrangeroog*, qui était autrefois beaucoup plus étendue qu'aujourd'hui, a été partagée en deux : de deux églises qui y existaient autrefois, l'une a été complétement emportée par la mer qui baigne la côte septentrionale de l'île; l'autre l'a été jusqu'au clocher, qui existe encore, et dans la base duquel on célèbre le service divin. Il paraît qu'à l'est de Wrangeroog il a existé plusieurs autres îles, qui ont toutes été dévorées par la mer. L'île d'*Helgoland* et celle de *Neuwerk* ne font pas partie du même système que celles des côtes de la Frise.

Ces îles formaient peut-être originairement une digue continue.

Les catastrophes dont on sait que ces dernières ont été le théâtre, permettent d'en supposer d'autres à des époques plus anciennes. Peut-être, dit avec raison M. de Hoff, ces îles ont-elles formé à une certaine époque une ligne continue de dunes dans la mer, comme les *Nehrungen* dans la mer Baltique, peut-être même des étendues considérables de terrain s'étaient-elles déposées derrière cette muraille protectrice, le long de la côte de la terre ferme. L'amoindrissement continuel de ces îles et la diminution progressive de leur nombre sont favorables à la supposition dont il s'agit. Dans ce cordon littoral il aurait existé seulement des ouvertures en face des embouchures de l'Ems et du Weser. Celles qui coupaient la ligne des dunes en face des embouchures des grandes rivières, peuvent s'être d'abord agrandies, de manière à permettre aux marées d'agir plus puissamment sur la terre située en arrière.[1]

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 363.

C'est ainsi, probablement, que se sont opérées les irruptions de la mer dont j'ai parlé il y a un instant.

Phénomènes qui montrent encore comment cette digue a pu se former.

Les phénomènes qui se passent de nos jours montrent encore clairement comment cette digue littorale s'est formée.

« Dans la mer d'Allemagne les mouvements des eaux, dirigés principalement du nord vers le sud, font que tous les bras de mer, servant à l'écoulement des lacs et des rivières dans cette mer, sont repoussés de plus en plus vers le sud par les bancs de sable, et que dans les lieux où il s'est produit plus d'un bras de mer, les plus méridionaux sont les plus profonds, et les septentrionaux perdent de leur profondeur. Les rives septentrionales des fleuves, près de leurs embouchures, forment une protection contre le courant prédominant, qui vient du nord, et favorisent la chute et le dépôt des sédiments des fleuves. Les rives méridionales, au contraire, sont exposées au choc de ces courants dominants, les sédiments que les eaux déposent en sont continuellement détachés; elles sont même continuellement rongées et approfondies, et l'embouchure doit ainsi reculer constamment vers le sud. »[1]

L'accumulation des sables fait que la plupart des nombreuses et larges embouchures de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin, ont cessé d'être praticables pour les bâtiments de mer. Il en est résulté de grands changements dans la navigation, notamment pour l'entrée des vaisseaux à Rotterdam. Le passage entre l'île de Texel et celle de Vlieland, nommé *Eyrelandsche Gat*, à l'entrée du Zuyderzée, s'en-

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 226.

sable de plus en plus et n'est plus praticable pour les grands vaisseaux comme il l'était autrefois[1]. Il est évident, d'après ces faits, que si le cordon littoral actuel était enlevé, la mer le reproduirait. Le vent, agissant sur le sable desséché à la marée basse, y ferait naître des dunes, et la ceinture protectrice de la Hollande se trouverait restaurée.

Cette digue, depuis sa formation, n'a pu que reculer légèrement vers la terre.

Lorsqu'on voit que la mer pourrait aujourd'hui reproduire si facilement l'appareil littoral, on doit naturellement penser que les côtes de ces contrées en ont toujours présenté un à peu près semblable à celui que nous voyons actuellement, et on doit en même temps se demander s'il a toujours occupé la même position qu'aujourd'hui. Cette ceinture, formée par des barres, par des dunes, résiste en général très-bien à l'action de la mer: nous avons vu cependant que, dans des circonstances données, la mer pourrait la démolir assez facilement, et par conséquent la déplacer; mais l'action de la mer est nécessaire pour produire un pareil changement, et si des masses de cette nature étaient placées sur la surface de la terre, à quelque distance de la mer, les agents atmosphériques ne les altéreraient en aucune manière. Vous en voyez la preuve en comparant une grande masse de sable, une longue série de dunes, aux tumulus de terre dont nous nous sommes occupés précédemment. Une dune revêtue de végétation est plus résistante qu'un tumulus : une levée de galets ou de gros sable est indestructible. Il est donc évident que si la mer se retirait, tout cet ap-

1. Le Franc van Berkley, I.re partie, page 215, cité par M. de Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 356.

pareil se conserverait; et il est certain que le cordon littoral n'a jamais été placé en arrière de la ligne qu'il occupe actuellement, comme cela aurait eu lieu si la mer avait été primitivement plus élevée. La ligne actuelle du littoral a donc été le bord de la mer depuis le commencement de l'état actuel des choses sur la surface du globe, à moins qu'elle n'ait été un peu plus avancée dans la mer. Le bord de la mer n'a pas reculé, mais il est possible qu'il ait avancé d'une certaine quantité.

Preuves du reculement du cordon littoral.

Je vous ai déjà fait connaître les faits qui portent à croire en effet que le cordon littoral a un peu reculé vers l'intérieur des terres. Le plus remarquable est l'existence des ruines romaines appelées *het Huis te Britten*, en avant de la plage actuelle, près de Katwyk. Mais la découverte de ces restes antiques, en montrant que la plage a reculé, fournit aussi des indices sur la cause de ce phénomène et de plusieurs autres qui s'y rattachent; car il paraît que le sol sur lequel ces bâtiments ont été établis, est aujourd'hui plus bas relativement au niveau de la mer que lorsqu'ils ont été construits.

La position de ces restes antiques à une certaine profondeur au-dessous de la surface de la mer, pourrait également résulter de l'élévation du niveau de la mer ou de l'abaissement du sol. Cet abaissement pourrait lui-même ne s'être fait sentir que sur une très petite étendue. Dans une contrée formée comme celle-ci par les alluvions de la mer et des rivières, la mollesse du terrain pourrait suffire à elle seule pour permettre aux parties qui avaient un poids considérable à supporter, de s'enfoncer

plus ou moins profondément dans le cours d'un grand nombre de siècles. Les restes de constructions romaines qu'on a aperçus, ne sont peut-être que les fondations les plus profondes de l'édifice, qui peuvent avoir été posées à une profondeur presque aussi grande que celle à laquelle on les a vues, et qui, restées isolées par suite de l'entraînement du sol qui les entourait, se seraient seulement enfoncées d'une petite quantité par l'effet même de cet isolement. La profondeur de la mer est elle-même peu considérable en cet endroit.[1]

Ce phénomène se lie probablement à un enfoncement graduel du sol des Pays-Bas.

Il est cependant difficile d'expliquer toutes les circonstances du phénomène sans admettre que l'ensemble de la côte s'est légèrement abaissé par rapport au niveau de la mer; et la question est de savoir comment se produit ce phénomène; de savoir si ce sol, formé de matières tourbeuses, d'argile, de sable, a été simplement comprimé par le poids des dunes, qui augmente sans cesse depuis que les dunes s'accumulent sur ces côtes, ou si c'est le sol entier de la Hollande qui s'abaisse par rapport au niveau de la mer. Au premier abord une pareille conclusion paraît très-hardie; mais vous verrez plus tard que d'autres observations montrent que le niveau de la terre et le niveau de la mer sont sujets à varier l'un par rapport à l'autre; qu'il y a des parties de la surface du globe où le sol s'élève réellement par rapport à la mer, et d'autres où il s'enfonce.

On conçoit qu'il ne peut être question ici que d'un enfoncement d'une extrême lenteur. Tous les cours d'eau qui tombent dans la mer du Nord, de-

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 348.

puis le Pas-de-Calais jusqu'à l'Elbe, sont, près de leurs embouchures, bordés de digues qui rendraient tout enfoncement un peu rapide sensible à un grand nombre d'yeux fortement intéressés à l'apercevoir.

Mais, s'il est certain qu'il n'y a eu aucun enfoncement général rapide, il est également évident qu'en admettant un enfoncement progressif d'une extrême lenteur, on expliquerait d'une manière aussi simple que naturelle non-seulement la présence de constructions romaines sous la mer, en avant du cordon littoral, mais encore les autres phènomènes qui nous ont occupés. Alors, en effet, on concevrait facilement que le sol s'étant enfoncé par degrés insensibles, la mer de Harlem se soit continuellement étendue; fait certain et dont l'agrandissement d'étangs formés d'abord par l'exploitation de la tourbe, ne fournit qu'une explication précaire. La formation plus ancienne du lac *Flevo* a peut-être été un premier fait du même genre. On concevrait de même que les marées à l'extérieur dominant de plus en plus les terrains bas protégés par le cordon littoral, il ait fini par survenir des irruptions de la mer, telles que celles qui ont formé le Zuyderzée, les lagunes du Dollart et de la Jahde, et quelques-uns des bras de mer de la Zélande. La submersion du Biesbosch ne prouverait pas alors que les digues qui le protégeaient aient été construites dans l'origine contrairement aux règles de la prudence. S'il y a eu un enfoncement graduel du sol, cela a suffi pour que les digues aient fini par être débordées et coupées. L'existence des dépôts tourbeux qui forment un des traits caractéristiques du

Cet enfoncement expliquerait très-simplement les irruptions de la mer.

sol de la Hollande, s'explique aussi très-naturellement dans la même supposition. Lorsque le Zuyderzée n'existait pas encore, lorsque la mer n'avait pas encore fait irruption dans le lac *Flevo*, qui n'était, comme aujourd'hui la mer de Harlem, qu'un grand amas d'eau douce, les bords de ce lac remplissaient les conditions qui, comme nous le verrons plus tard, sont les plus favorables à la production de la tourbe. Il paraît qu'il en a été de même, très-anciennement sans doute, des environs de Rotterdam et, ce qui est plus surprenant encore, du territoire de la Zéelande. Comme la tourbe n'est pas une production marine et ne se produit pas sous le régime des incursions périodiques de la mer, l'existence de la tourbe dans une grande partie des Pays-Bas suppose l'ancienne existence d'un régime dans lequel le cordon littoral les protégeait plus efficacement que de nos jours. Les dépôts tourbeux, si répandus dans la Hollande et la Zéelande, et recouverts par le limon des rivières, montrent clairement que les marées n'y ont pas toujours eu leurs entrées aussi libres qu'aujourd'hui. Leur pénétration a été le prélude éloigné de ces grandes invasions de la mer qui ont produit le Zuyderzée, le Dollart, la Jahde, etc. L'ensemble de ces phénomènes semble indiquer clairement que cette portion de la surface du globe s'enfonce par degrés très-lents.

Résumé des phénomènes auxquels les Pays-Bas doivent leur existence.

Voilà ce que nous présentent les Pays-Bas : ils doivent leur existence, comme terre habitable, à l'appareil littoral que la mer a élevé sur ses bords, comme sa propre limite, sur une longueur de 506 kilomètres. La Hollande, en particulier, ainsi que

Deluc l'avait parfaitement observé, est garantie du côté de la *mer* par des *dunes* que les flots et les vents ont formées en soulevant le sable, et enfermée par des digues, tant du côté du Zuyderzée au nord-ouest, que du côté de la Meuse et de son golfe au sud-ouest. Une partie du sol de cette enceinte est aujourd'hui de 15 pieds (5 mètres) plus bas que les plus basses *marées*[1]. Il a fallu aux Bataves un art merveilleux pour s'en faire une patrie; mais cet art lui-même aurait été impuissant s'il avait cherché à s'exercer ailleurs que sur un sol circonscrit par la mer, par les dunes, qui lui doivent leur existence.

L'espace plat et peu profond que le mouvement en apparence capricieux des vagues a enceint de dunes, avait été occupé auparavant par la mer, puisqu'on y trouve des dépôts remplis de coquilles marines; ces dépôts ont commencé par élever le sol. Les dunes ne se sont formées que lorsque le sol sous-marin a été élevé déjà d'une certaine quantité. Il a fallu que le mouvement imprimé au sable par la mer en entassât une certaine quantité, pour qu'il pût être à sec pendant la basse mer et soulevé par le vent. Mais ce premier entassement de sable par la mer doit s'être opéré assez promptement : c'est du moins le premier phénomène que la mer ait produit dans ces parages au commencement de la période actuelle. Dans les premiers moments de cette période, la mer venait sans doute des collines de sable de la geest; mais il paraît qu'elle ne l'a pas battu pendant longtemps, soit à son niveau actuel, soit à un niveau plus élevé; car on n'y voit aucune

1. Deluc, Journal de physique, tome XLI, page 235 (1792.)

trace d'appareil littoral; elle ne pouvait d'ailleurs être beaucoup plus basse qu'aujourd'hui, puisqu'alors elle n'aurait pu déposer des sables marins sur les sables de la geest, qui forment à une petite profondeur le sol de la Hollande. Elle doit avoir baigné les collines de la geest au commencement de la période actuelle à un niveau inférieur de quelques mètres seulement à son niveau actuel.

Une fois que la ligne des dunes a été bien tracée, il est resté derrière elle un espace très-plat, dont le sol était sablonneux et dans lequel il s'est établi des tourbières. Le terrain s'y est élevé par l'accumulation de la tourbe et des sédiments. Avant que la Hollande fut circonscrite par les digues, les rivières déposaient sur la tourbe ou sur le sable le limon qu'elles apportaient; plus tard, les eaux, dans les grandes marées, ont pu pénétrer et apporter du sable ou du limon partout; c'est pourquoi on trouve des alternations de tourbe, de limon et de sable. Livrée à elle-même, la Hollande continuerait à se couvrir de dépôts limoneux ou sableux; mais aujourd'hui, qu'elle est circonscrite par les digues, ces dépôts ne se produisent plus qu'à l'extérieur. Les digues empêchent la nature d'accomplir le phénomène qui, peut-être, aurait maintenu toujours le niveau de la Hollande dans les mêmes relations avec celui de la mer, nonobstant son enfoncement progressif. Les rivières entraînent dans la mer la terre qui aurait continué à élever le sol; mais on pourrait reproduire le résultat primitif, et même en augmenter l'efficacité, en ouvrant les digues, ainsi que je l'ai indiqué, pour recevoir les eaux troubles.

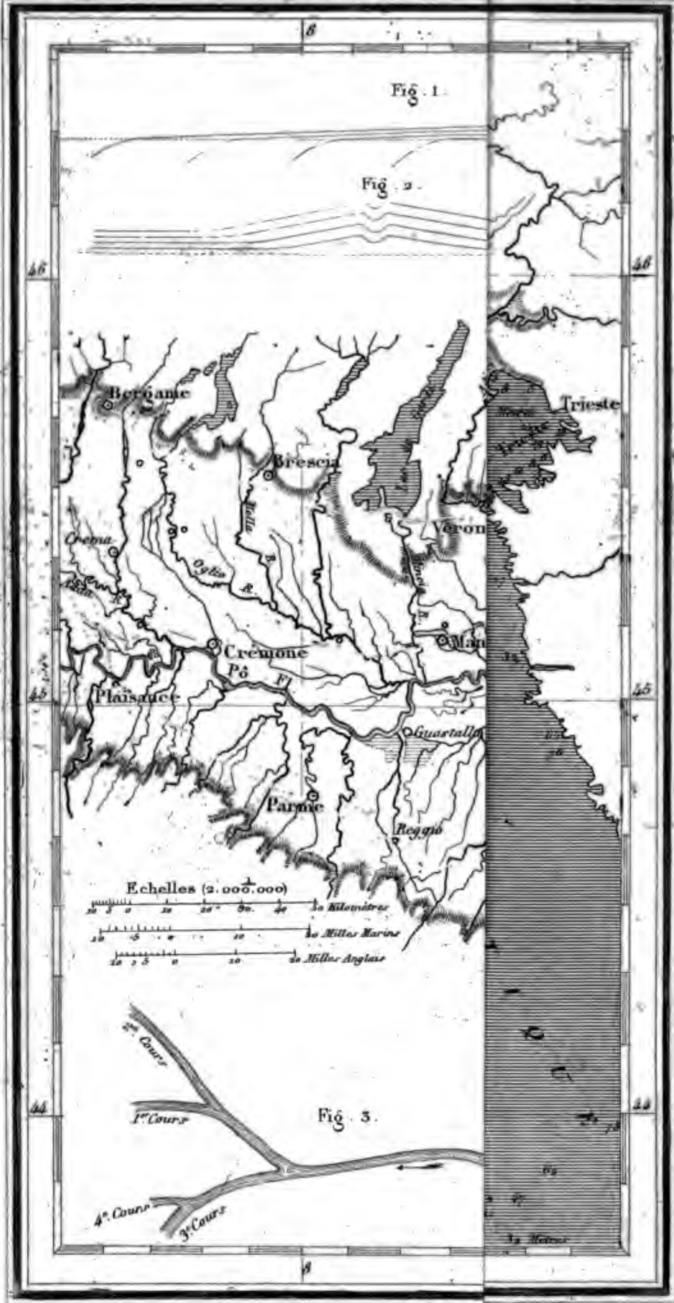
Telle maison de banque d'Amsterdam ou de Francfort, qui ajouterait un certain nombre de millions à ce que dépense annuellement la Hollande, pourrait modifier la marche du phénomène en faisant séjourner les eaux troubles dans les polders.

Vous voyez en somme, qu'excepté le mouvement lent du sol et le mouvement des eaux qui a dessiné la ligne des dunes et donné un contour arrondi à la côte, les autres phénomènes sont d'une puissance bien restreinte, puisque les hommes parviennent à les maîtriser au moyen des digues, et qu'on pourrait même leur faire produire tel ou tel effet, si on laissait entrer l'eau dans certains compartiments pour la pomper ensuite.

On parle ordinairement de la Hollande comme d'une contrée formée absolument par les atterrissements; mais ce n'est là qu'une partie de la vérité. La Hollande existe à la faveur des dunes, et même sous la protection de cet abri les atterrissements n'avaient produit qu'un terrain bas, qui aurait été naturellement une vaste tourbière, et plus tard une espèce de grande lagune envahie par toutes les grandes marées. C'est sur ce terrain que l'industrie humaine s'est exercée. On en a conquis une partie sur la mer. Les changements les plus mémorables qu'il a subis viennent des incursions de la mer, qui ont détruit ce que les atterrissements avaient produit, et ce que les hommes avaient modifié. Ce phénomène, qui tend à indiquer un affaissement du sol, est ici bien plus surprenant que ceux produits par les atterrissements des rivières.

Dans la séance prochaine nous verrons ce qui se passe dans d'*autres pays bas*, où le phénomène de l'enfoncement graduel du sol ne vient pas compliquer ceux qui résultent de l'action de la mer et des rivières.




Fig. 1
Fig. 2
Bergame
Brescia
Crema
Oglio R.
Cremone
Pô Fl.
Plaisance
Guastalla
Parme
Reggio
Trieste
46
45
44
8
Echelles (2.000.000)
Kilomètres
Milles Marins
Milles Anglais
Fig. 3
1er Cours
2e Cours
3e Cours
4e Cours

NEUVIÈME LEÇON.

(13 janvier 1844.)

Pays-Bas adriatiques.

MESSIEURS,

On observe sur les bords de la mer Adriatique des phénomènes qui ont beaucoup de rapports avec ceux que nous a offert la Hollande. Les côtes plates et remplies de lagunes, qui terminent l'Adriatique au nord-ouest sont, pour ainsi dire, les *Pays-Bas de l'Italie;* les phénomènes sociaux ont eux-mêmes été analogues dans les deux contrées; Venise a possédé avant Amsterdam le sceptre des mers.

Les côtes nord-oue de l'Adriatique offrent des traits ressemblance avec celles du nord de l'Allemagne.

La carte, pl. VII, fig. 1, représente la forme générale de la mer Adriatique dans sa partie septentrionale, qui est celle dont nous avons à nous occuper. Cette mer s'avance dans l'intérieur des terres à la distance de 900 kilomètres, et forme une anse large de 150 environ. La côte d'Italie est plate et, comme disent les marins, malsaine et sans abri; les navigateurs ne la fréquentent pas; ils se rangent plus volontiers vers la côte opposée.

Des montagnes marquent nettement les limites de cette mer dans une grande partie de sa circonférence; mais depuis Trieste jusqu'à Rimini, sur un

développement de 260 kilomètres, les contours des côtes ont quelque chose d'indéterminé; de petites montagnes, se détachant de la base des Alpes, descendent jusqu'à Vérone et à Vicence; plus au sud se trouvent les monts Euganéens qui se rapprochent davantage de la mer, et la vaste plaine de la Lombardie, dont le sol va en s'inclinant très-légèrement vers ses bords.

La mer Adriatique vient ainsi expirer sur un sol extrêmement plat qui, par sa nature générale, est tout à fait analogue à celui du nord de l'Allemagne; c'est, à le prendre dans son ensemble, une agglomération de matières de transport, dont les assises fondamentales renferment des blocs souvent très-gros de diverses roches provenant des Alpes.

Ce sol fondamental, composé d'éléments grossiers, s'étend au-dessous du niveau de la mer, et semble devoir naturellement se prolonger suivant la même pente jusqu'au pied des montagnes de l'Istrie. En faisant une coupe longitudinale, on aurait une ligne dont l'inclinaison serait presque insensible à l'œil. C'est là que se trouve cette partie incertaine de la côte, qui offre des éléments analogues à ceux que nous a déjà présentés la Hollande.

Analogie des lagunes de Venise avec les *haffs* de la mer Baltique.

M. Hoffmann, qui a enrichi la géologie de l'Italie et celle de la Sicile de tant d'observations nouvelles et d'aperçus ingénieux, a déjà remarqué que « les lagunes de Venise, situées sur la côte de la mer Adriatique, à l'embouchure de la Brenta, du Pô, de l'Adige, et d'un grand nombre d'autres rivières moins considérables, et fermées par des langues de terre sablonneuses, appelées *lidi*, sont analogues aux

lagunes nommées *Haffs*, de la côte méridionale de la mer Baltique. Ce n'est qu'avec peine, ajoute-t-il, qu'on empêche Venise de se joindre à la terre ferme, et les efforts qu'on fait dans ce but finiront par être vains. »[1]

M. Forfait avait déjà consigné des remarques analogues, mais plus développées, dans un mémoire que M. Cuvier a cité avec éloge, quoiqu'il n'ait peut-être pas saisi toute la justesse des observations qu'il contenait[2]. Dolomieu, plus anciennement encore, avait parfaitement compris la nature et le rôle des *lidi.*[3]

Côtes à contours arrondis.

Ici, comme en Hollande, les contours de la côte sont très-arrondis, très-monotones. Partant de Trieste, ils traversent les embouchures du Tagliamento, de la Piave et de la Brenta, qui aboutit aux environs de Venise. Cette courbe, très-régulière, continue encore pendant une certaine distance jusqu'à Chioggia et à Brondolo. Ensuite se trouvent les bouches de l'Adige et du Pô, qui s'avancent en saillie dans l'intérieur de la mer. La ligne régulière recommence au delà de l'embouchure du Pô, et continue jusqu'à Rimini et au delà.

Cordon littoral: lagunes en arrière.

En arrière du cordon littoral qui forme la côte proprement dite, on trouve une quantité de lagunes, dont les unes reçoivent des rivières, dont les autres, en plus grand nombre, sont dans les intervalles des rivières. Il y en a une plus grande que toutes

1. Hoffmann, *Physikalische Geographie* (1837), p. 601.
2. G. Cuvier, Discours sur les révolutions de la surface du globe, pag. 151.
3. Voyez Journal de physique, tome 42, page 202 (1793).

les autres, c'est la lagune de Comacchio, qui s'étend dans la direction de Ferrare.

Venise est au nord de l'embouchure du Pô. « Le Pô, l'Adige, la Bachiglione, la Brenta, le Marsenego, le Silé, la Piave, la Livenza, le Tagliamento, toutes ces rivières et torrents, dit M. Forfait, ont leurs embouchures sur un développement qui n'a pas 200 kilomètres de longueur, et presque toutes, prenant leur source à très-peu de distance, dans les montagnes de la Carniole, du Frioul et du Tyrol, où elles coulent sur une pente extrêmement rapide, sont sujettes à des inondations fréquentes, ravagent les pays qu'elles arrosent, et précipitent leurs débris dans la mer. La lisière de terre comprise entre le pied des montagnes et la mer, dans tout le pourtour des lagunes, résulte de dépôts anciens qui se prolongent sans cesse. Les fleuves ont établi leur cours naturel avec mille sinuosités dans ces terres d'alluvion. L'art y a réuni quelques canaux factices, et les campagnes qui restent entre ces eaux courantes, couvertes elles-mêmes d'eaux dormantes et marécageuses, ne produisent que des joncs, des roseaux, des saules, des insectes et des miasmes pestilentiels.

« Là, comme partout ailleurs, la nature qui, quoique le mouvement soit son essence, cherche néanmoins toujours l'équilibre et le repos, a fondé au milieu des eaux un barrage naturel, qui établit une limite entre les atterrissements formés par les tempêtes de la mer et ceux qui résultent des dépôts fluviatiles. Il en résulte une digue, qui s'étend aujourd'hui depuis les embouchures de l'Adige et de la Brenta jusqu'à celle de la Piave. L'espace renfermé

en arrière de cette digue est tranquille au milieu des orages: c'est un vaste marais, qui peut avoir 1000 à 1200 kilomètres carrés de surface; sa figure est à peu près celle d'un triangle isocèle qui aurait 70 à 80 kilomètres de base, sur 30 à 40 de hauteur; il est rempli d'îles, de bancs, de bas-fonds, parmi lesquels il s'est formé, par l'action même des eaux, ou par la main des hommes, quelques canaux plus profonds qui servent à la navigation. Voilà ce qu'on appelle les lagunes. Les îles les plus considérables sont habitées: Venise seule en occupe plusieurs.»[1]

La fondation de Venise remonte à l'année 452, c'est-à-dire, à l'époque où Attila fit irruption en Italie et vint assiéger Aquilée. Une partie des habitants de cette ville se réfugièrent dans un groupe de petites îles situées à peu près en face de l'embouchure de la Brenta. Origine de Venise.

Il ne faudrait pas en conclure que les lagunes ni leurs îles fussent à cette époque de nouvelle formation; car longtemps avant les ravages exercés par Attila au 5.e siècle de l'ère chrétienne, il avait été bâti des villes dans la lagune. «L'empereur Héraclius y avait fondé la ville d'Héraclione, que les réfugiés rebâtirent, parce qu'elle tombait en ruine; ils peuplèrent successivement onze autres îles, sur lesquelles ils n'avaient trouvé que des habitations de pêcheurs.»[2]

1. Extrait d'un Mémoire du citoyen Forfait, ingénieur ordonnateur de la marine française, sur la marine de Venise; lu à la 1.re classe de l'Institut de France le 21 vendémiaire an VIII (Mémoires de l'Institut national des sciences et arts; sciences mathématiques et physiques; tome V, page 217).

2. Forfait, *loc. cit.*, page 219.

C'est là que Venise s'est développée. Cette ville est bâtie sur des pilotis enfoncés dans un terrain très-peu consistant. Elle est éloignée de la terre ferme de 5 kilomètres environ, et presque autant de la mer proprement dite.

e cordon littoral appelé *lido* qui forme la clôture des lagunes, présente nq ouvertures ou ports.

De Venise on sort en mer par deux ouvertures principales : l'une dite port de *Lido;* l'autre, port de *Malamocco.* Ces ports sont des coupures dans l'appareil littoral. Il en présente cinq en tout. Les *lidi* ou *lidos*, c'est ainsi qu'on nomme, dit M. Forfait, le barrage naturel qui sépare les lagunes de la pleine mer, forment cinq ouvertures, qui donnent passage au flux et reflux, et constituent autant de ports.

ort de Chioggia.

« D'abord, en commençant par le couchant, à l'embouchure de la Brenta, le prolongement du rivage de la terre ferme s'étend jusqu'à la première coupure, et forme le port de Chioggia ou Chiozzia. Ce port est fort ancien; il en est fait mention dans Strabon. Il s'est appelé longtemps Édrone. La rive en dehors de la lagune est encore couverte de marais, parmi lesquels est l'ancien port de Brondolo, qui communiquait à la *fossa Clodia,* ou fosse filistène des Romains. Le port de Chioggia n'a de relations avec la ville dominante (Venise) que par un canal très-peu profond, et qui donnerait au plus passage à des galères : il est lui-même obstrué. Les Génois l'assiégèrent et le prirent en 1335. On craignit alors pour Venise, et l'on boucha la passe en y jetant des décombres, des coquillages, et même en y faisant couler des navires. Le peu d'attention qu'on a mis depuis à l'entretien du port, a fini de le

ombler. On y trouve à présent 4 mètres d'eau, out au plus, dans les grandes marées.

Port de Malamocco.

« L'autre pointe du port de Chioggia est formée ar l'extrémité méridionale de l'île Pelestrina, laquelle fait partie de la digue d'enceinte, et s'étend usqu'au port de *Malamocco*. Celui-ci est le plus onsidérable et le meilleur de la lagune. Il n'a cependant pas toujours joui de cette prérogative : Chioggia lui fut longtemps préféré; mais, depuis l'invasion des Génois, ce dernier ne peut plus souenir la concurrence.

Port de *San-Nicolo del Lido*.

« Le port *Saint-Nicolas* (*porto di San-Nicolo del Lido*, appelé aussi simplement *Lido*), fut un rival lus dangereux pour celui de Malamocco. Il est situé au bout de l'île de ce dernier nom, laquelle fait ussi partie de la digue d'enceinte naturelle ou du ido. Entre cette île et le prolongement de la rive lu continent au nord-ouest, prolongement qui porte e nom de littoral du Cavallin, on trouve un îlot. Deux canaux passent entre cet îlot et l'île de Malanocco : ils forment du côté de cette dernière le port Saint-Nicolas, et, du côté de l'îlot, le port Saint-Érasme.

Port dit les Trois-Ports.

« Enfin, de l'autre côté de l'îlot, entre lui et le ittoral du Cavallin, on trouve le port connu sous e nom des Trois-Ports. »[1]

Port de Guésolo.

« Tout à l'extrémité du littoral du Cavallin, l'embouchure de la Piave forme le dernier port, appelé port de *Guésolo* ou *de la Piave*, qui n'est d'aucune conséquence aujourd'hui. »[2]

1. Forfait, *loc. cit.*, page 222.
2. *Idem, ibid.*, page 225.

Détails sur les ports de San-Nicolo del Lido et de Malamocco.

« Saint-Érasme et les Trois-Ports sont comblés par les sables : ils ne peuvent donner asile qu'à des barques de pêcheurs. Saint-Nicolas pendant longtemps captiva toute l'attention du Gouvernement de Venise. Il avait autant de profondeur que les autres; son entrée était facile : il est plus voisin de la ville dominante. D'un autre côté, Malamocco a des bancs changeants : il faut que les pilotes sondent tous les jours les passes, qui sont en assez grand nombre, et parmi lesquelles quatre principales, et les seules praticables pour de grands vaisseaux, changent fréquemment de direction. Ajoutez à ces considérations que, lors de la guerre des Génois, la peur avait aussi déterminé à couler dans les meilleures passes de gros bâtiments de charge. Ces motifs firent naître l'idée de boucher le port de Malamocco, et de faire par ce moyen refluer ses eaux dans celui de Saint-Nicolas, qui, par leur action, aurait pu s'approfondir. Il s'éleva de grands débats à cette occasion : ils durèrent depuis 1468 jusqu'en 1682. »[1]

Le port unique de Venise pour la marine militaire, a été jusqu'à la fin celui de Malamocco : il existe depuis longtemps; car on rapporte qu'il a été ruiné par un tremblement de terre en 1110. « Le canal par lequel il conduit à Venise a été bouché, en 1377, par quatre gros navires, que les Vénitiens y coulèrent eux-mêmes pour arrêter les Génois. En 1783, le vaisseau de 74 canons, *la Fénice,* y périt. Il en a coûté des sommes énormes et trois ans de travail pour le relever. Sans d'aussi grands sacrifices, le

1. Forfait, *loc. cit.*, page 222.

rt devenait presque impraticable. La mer le com-
sensiblement : c'est avec une dépense prodigieuse
'on a creusé, de 1720 à 1730, un canal de 5,^{m}15
profondeur, pour aller de l'arsenal de Venise à
lamocco. Ce canal n'a pas aujourd'hui 4,^{m}5 de
ofondeur. Un vaisseau de ligne ne peut rester à
lamocco pour finir son armement : dès qu'il tirera
'3, il faudra le conduire au mouillage, à 20 kilo-
tres au large en pleine mer, sans aucun abri. »[1]

Quand on vient de Venise à Malamocco ou à lo, on suit des canaux artificiels, entretenus dans lagune pour que les vaisseaux d'un tonnage con-érable puissent arriver jusqu'à Venise. On y intient, au moyen d'un curage, une profondeur fisante. On voit des groupes de pieux, placés de tance en distance, reliés solidement entre eux, qui servent à marquer le chenal que les bâti-nts doivent suivre, et à fournir des points fixes ur le halage. Pour les conduire au port de Mala-occo, il faut traîner les vaisseaux dans ces canaux tueux, où ils échouent très-fréquemment ; mais échouage n'est point dangereux, parce que le d n'est qu'une vase compressible et que la mer *rne* peu : on les relève à la marée suivante. Canaux tracés dans les lagunes.

Il n'y a rien peut-être de plus hideux, dit M. For-t, que le spectacle des lagunes à basse mer. Le sseau, flottant sur une eau sale, dans un boyau oit, dont, à cause de ses sinuosités, on ne voit int l'issue, n'est entouré que d'une plaine de boue ; leur qui s'en exhale dans le temps des chaleurs infecte.[2] Aspect dégoûtant des lagunes à la mer basse.

. Forfait, *loc. cit.*, p. 236. — 2. *Idem*, *ibid.*, page 235.

On y pêche sans bateau.

Dans les intervalles de ces canaux il y a si peu d'eau, que même à la mer haute on peut y aller pêcher en n'ayant de l'eau que jusqu'à la ceinture. J'y ai vu moi-même des pêcheurs, les pieds dans la vase, armés de crochets, remuant ce qui pouvait se trouver sur le fond, et recueillant différents poissons, des crustacés, des coquillages, etc.

Les marées sont très-sensibles dans les lagunes.

Les marées sont plus sensibles dans le fond du golfe de Venise que dans aucun autre point de la Méditerranée : aussi le flux et le reflux produisent dans les lagunes des effets assez marqués. « La mer y monte et baisse, aux nouvelles et pleines lunes des équinoxes, de 12 décimètres, et de 8 dans les solstices. Dans les forts coups de vent du sud-est la mer se gonfle beaucoup plus ; elle s'élève quelquefois de 14 à 16 décimètres au-dessus des quais de Venise, quoiqu'ils soient nivelés de 32 centimètres au-dessus de la laisse des vives eaux des équinoxes »[1] ; on a vu l'eau se répandre à Venise sur la place Saint-Marc et y porter bateau.

La mer, par les cinq ouvertures de *Guésolo, Tre-Porti, Lido, Malamocco,* et *Chioggia*, entre pendant six heures dans les lagunes, et en sort pendant six heures. « Ce mouvement alternatif continuel, en influant, dit M. Forfait, sur la disposition que les courants divers ont prise spontanément et sur celle des alluvions qu'ils ont déposés, a été cause que la lagune entière se trouve depuis longtemps partagée en cinq lagunes presque distinctes, dont chacune communique avec la mer par un des ports dont on vient de parler ; qu'il n'y a de communi-

Effets de l'entrée et de la sortie des eaux pour façonner le fond des lagunes.

1. Forfait, *loc. cit.*, p. 225.

tions entre elles que par de petits canaux fac-
:es, et que leurs eaux ne se touchent qu'un mo-
ent à la pleine mer, pour être ensuite séparées
itièrement, comme dans des bassins absolument
olés.»[1]

On réussit à y maintenir des canaux par de tra-
ux coûteux; mais dans les intervalles de ces canaux
fond s'élève continuellement. Entre les lagunes et
terre ferme il y a déjà des parties qui se sont
nverties en prairies remplies de petites lagunes,
stes d'une expansion plus grande jadis des lagunes
icore existantes.

Ce fond s'élève continuellement.

Des parties considérables des lagunes sont converties en prairies.

De Padoue à Venise règne une plaine extrême-
ent unie: c'est un sol composé, à la surface du
oins, de ces mêmes alluvions dont la continua-
on tend à effacer les lagunes. Ces atterrissements
ndent à réunir Venise avec le continent, et il
iira probablement par y avoir une prairie con-
iue depuis le rivage ancien, c'est-à-dire, depuis
ndroit où le niveau de la mer prolongé rencon-
:rait le sol fondamental de la Lombardie, jusqu'à
ligne du cordon littoral que la mer s'est formé
e-même.

Le reste des lagunes est destiné à subir le même sort.

Ce phénomène de remblai marche avec une
ande rapidité; il s'opère au moyen de la vase qui
ste en suspension dans les eaux courantes, mais
i se dépose lorsque ces eaux sont en repos dans
lagunes. Dès à présent l'existence des lagunes de
enise peut être considérée comme artificielle. Sans
travaux des Vénitiens, tout l'espace situé en ar-
re de la digue naturelle des *lidi*, serait aujour-

Travaux exécutés pour retarder la marche du phénomène.

1. Forfait, *loc. cit.*, page 226.

d'hui comblé et transformé en prairies; mais Venise sentait son existence, comme puissance maritime, attachée à celle de ses lagunes, et elle a fait, pour les conserver, des efforts semblables à ceux qu'on fait ailleurs pour combler des lacs et des marais et les conquérir à l'agriculture.

Canaux creusés pour détourner la Brenta.

On a exécuté, à diverses époques, des travaux considérables pour empêcher les rivières d'introduire leurs sédiments dans les lagunes. Le cours de la Brenta a été changé; ses eaux qui, passant par divers bras où elles portaient souvent le ravage, se répandaient en partie dans celui de Fusina et y charriaient des montagnes de sable, ont été toutes dirigées dans un beau canal qui suit le bord de la lagune, et va se décharger, en dehors de son enceinte, dans le port de Brondolo. Un canal de dérivation, avec des sas pour racheter l'excès de la pente, servit à maintenir sans danger la navigation intérieure entre la lagune et Padoue. Ces travaux ont été repris à plusieurs fois et continués pendant plusieurs siècles, comme l'indiquent les enceintes de canaux de plus en plus rapprochées de ses bords qui circonscrivent la lagune dans sa partie méridionale : *Brenta vecchia, Brentella, canal del Brenton, Taglio di Brenta novissima.*

La Piave et le Silé ont été détournés de la même manière.

« La Piave et le Silé faisaient autant de dégâts dans le nord-est de la lagune que la Brenta dans le sud. Au moyen de quelques redressements on a conduit la Piave à l'extrémité du littoral du Cavallin, et on lui a donné un déversoir qui, dans les crues, porte une partie de ses eaux au port de Sainte-Marguerite, près des bouches de la Livenza. De même le Silé fut

conduit dans le lit de la Piave par un canal qui traverse les marais de la Fossetta. Tous les grands fleuves ont donc été exilés de la lagune ; on n'y a laissé que de petites rivières et des torrents, tels que la Deze, le Zero, le Marsenego, le Meolo et le Vallio. »

La ville de Ravenne, située vers l'extrémité méridionale des *Pays-Bas adriatiques*, a subi depuis longtemps le sort contre lequel Venise, enrichie jadis par le commerce du monde, lutte encore aujourd'hui. La situation originaire de Ravenne ressemblait complétement à la situation actuelle de Venise. D'après la description que Strabon nous en a laissée, les maisons s'y élevaient au milieu des lagunes qui l'entouraient, et elle était partagée en plusieurs îles, entre lesquelles les habitants communiquaient par des ponts et des bateaux. Auguste s'en servait comme d'un port militaire, et elle contenait la moitié de la flotte dont l'autre moitié se trouvait à Misène. Pline parle de Ravenne comme d'une ville littorale en opposition avec Butrium, qu'il indique comme peu éloigné de la mer, et avec quelques autres villes qu'il cite comme situées dans l'intérieur des terres. Les alluvions du *Po-di-Primaro* (bras le plus méridional et le plus ancien du Pô), de la *Fossa augusta*, du *Santerno*, du *Senio*, du *Lamone* et du *Reno*, se sont réunies pour former des terres nouvelles dans les environs de Ravenne. Quelques siècles ont suffi pour changer complétement la manière d'être de la contrée. Jornandès représente cette ville, d'après un passage perdu de Dion Cassius, comme étant, dans sa situation première, un port excellent; mais il ajoute que de son temps on trouvait

Ravenne a subi depuis longtemps le sort réservé à Venise.

de vastes jardins à l'endroit où avait été autrefois le port, que les fruits y pendent aux arbres, et non plus les voiles aux mâts. Il paraît qu'on voit encore dans les murs de Ravenne des anneaux auxquels on attachait autrefois les vaisseaux. Ravenne se trouve actuellement à plus de 7000 mètres de l'eau salée[1].

C'est à tort qu'on a allégué un changement de niveau de la mer près de Ravenne.

Malgré cette retraite apparente de la mer, on a cité des faits tendant à prouver que le niveau de l'Adriatique se serait élevé par rapport à celui de la cathédrale de Ravenne. Mais il doit y avoir quelque erreur dans cette détermination; car Venise, avec ses quais, auxquels on n'a jamais rien changé, et avec ses *lidi*, qui seraient si facilement détruits par une élévation de la mer, Venise est un monument irréfragable de la complète invariabilité du niveau de l'Adriatique. Il est arrivé simplement que la lagune de Ravenne a été comblée jusqu'à son propre *lido*, et a entièrement disparu.

Lagunes de Comacchio.

La partie méridionale des *Pays-Bas adriatiques* présente encore d'autres lagunes, séparées de la mer par des *cordons littoraux*. La principale est la lagune de Comacchio, appelée *le Valle*, qui surpasse en étendue celles même de Venise. La ville de Comacchio s'y élève comme une petite Venise, et on connaît les efforts et la sollicitude de ses habitants pour conserver ces vastes marais maritimes; ils y trouvent une pêche si abondante et si lucrative qu'ils la préfèrent, dit Dolomieu[2], au genre de richesse que leur procurerait la culture d'un sol

Soins qu'on prend pour les conserver.

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome I.er, page 278.
2. Dolomieu, Journal de physique; tom. 42, pag. 201 (1793).

fertile qu'ils pourraient aisément soustraire à la domination des eaux. Pour prévenir l'ensablement ils ont cherché, de leur côté, à fermer toute communication de leur lagune avec les eaux qui viennent de la terre ferme, et à détourner le cours de toutes les rivières qui y aboutissaient. Aujourd'hui aucune branche du Pô ne s'y décharge; toutefois l'ouverture appelée *Porto di Magnavacca*, qui traverse le *lido* de la lagune, est probablement une très-ancienne bouche de ce fleuve.

Les lagunes qui joignaient entre elles celles de Venise et de Comacchio ont été comblées par le Pô et l'Adige.

Mais si on a réussi à conserver jusqu'à nos jours les lagunes de Venise et de Comacchio, il n'en a pas été de même de celles qui, suivant toute apparence, les ont réunies dans l'origine. Ici les Pays-Bas adriatiques ont subi de grands changements, qu'on n'a pas même essayé de combattre, à cause de la puissance des atterrissements formés aux embouchures de l'Adige et du Pô, qui se jettent dans la mer en des points assez rapprochés les uns des autres.

La saillie que présente aujourd'hui la côte à l'embouchure de ces deux fleuves n'existait pas dans l'origine.

On doit se représenter que, dans les temps anciens, la ligne du littoral était régulière, et qu'il n'y avait pas cette saillie qui existe aujourd'hui vers les embouchures des deux fleuves, et surtout à celle du Pô. Nous pouvons remonter par la pensée au moment où des lagunes, qui ont été comblées par les alluvions du Pô et de l'Adige, existaient dans cette partie la plus basse des plaines de la Lombardie. Ces lagunes s'étendaient jusqu'à une grande distance dans les terres, et joignaient celles de Venise à celles de Ravenne[1]. Les documents histori-

1. Bernardo Trevisano, *Trattato della laguna di Venezia*. — *Venezia* 1715, cité par M. de Hoff, ouvrage cité, tome I.er, p. 28.

Hatria appelée urbs septem marium.

éloignée de celle de Ferrare. Sept lacs renfermés dans le Delta prenaient le nom de *Septem maria*, et Hatria est quelquefois appelée *Urbs septem marium*.

Æstuarium altini, qui est la lagune de Venise.

« En remontant le rivage du côté du nord, à partir d'*Hatria*, on trouvait l'embouchure principale de l'*Athesis*, appelée aussi *Fossa philistina*, puis l'*Æstuarium altini*, mer intérieure, séparée de la grande par une ligne d'îlots, au milieu de laquelle se trouvait un petit archipel d'autres îlots, appelé *Rialtum* : c'est sur ce petit archipel qu'est maintenant située Venise. L'*Æstuarium altini* est la lagune de Venise, qui ne communique plus avec la mer que par cinq passes, les îlots ayant été réunis pour former une digue continue.

Monts Euganéens situés à l'est des lagunes.

« A l'est des lagunes, et au nord de la ville d'*Este*, se trouvent les monts *Euganéens*, formant, au milieu d'une vaste plaine d'alluvions, un groupe remarquable de pitons, dans les environs duquel on place le lieu de la fameuse chute de Phaéton. Quelques auteurs prétendent que des masses énormes de matières enflammées, lancées par des explosions volcaniques dans les bouches de l'Éridan, ont donné lieu à cette fable. Il est bien vrai qu'on trouve aux environs de Padoue et de Vérone beaucoup de produits que plusieurs croient volcaniques.

Situation des bouches du Pô au commencement du 12.e siècle.

« Les renseignements que j'ai recueillis sur le gisement de la côte de l'Adriatique aux bouches du Pô, commencent au 12.e siècle à avoir quelque précision : à cette époque toutes les eaux du Pô coulaient au sud de Ferrare dans le *Po di Volano* et le *Po di Primaro*, diramations qui embrassaient l'espace occupé par la lagune de Comacchio. Les deux bouches

dans lesquelles le Pô a ensuite fait irruption au nord de Ferrare, se nommaient l'une, fiume *di Corbola*, ou *di Longola*, ou *del Mazorno;* l'autre, fiume *Toi*. La première, qui était la plus septentrionale, recevait près de la mer le *Tartaro* ou canal *Bianco;* la seconde était grossie à Ariano par une dérivation du Pô, appelée fiume *Goro*.

« Le rivage de la mer était dirigé sensiblement du sud au nord à une distance de 10,000 ou 11,000 mèt. du méridien d'Adria : il passait au point où se trouve maintenant l'angle occidental de l'enceinte de la *Mesola;* et *Loreo*, au nord de la Mesola, n'en était distant que d'environ 200 mètres.

Rivage de la mer dirigé du nord au sud à 10 ou 11,000 mèt. du méridien d'Adria.

« Vers le milieu du 12.e siècle les grandes eaux du Pô passèrent au travers des digues qui les soutenaient du côté de leur rive gauche, près de la petite ville de *Ficarolo*, située à 19,000 mètres au nord-ouest de Ferrare, se répandirent dans la partie septentrionale du territoire de Ferrare et dans la Polésine de Rovigo, et coulèrent dans les deux canaux ci-dessus mentionnés de Mazorno et de Toi. Il paraît bien constaté que le travail des hommes a beaucoup contribué à cette diversion des eaux du Pô : les historiens qui ont parlé de ce fait remarquable, ne diffèrent entre eux que par quelques détails. La tendance du fleuve à suivre les nouvelles routes qu'on lui avait tracées, devenant de jour en jour plus énergiques, ses deux branches du *Volano* et du *Primaro* s'appauvrirent rapidement, et furent, en moins d'un siècle, réduites à peu près à l'état où elles sont aujourd'hui. Le régime du fleuve s'établissait entre l'embouchure de l'Adige et le point

Le Pô déversé vers le nord au commencement du 12.e siècle.

Ses directions successives.

Au commencement du 17.e siècle il menace les lagunes de Venise.

appelé aujourd'hui *Porto di Goro;* les deux canaux dont il s'était d'abord emparé étant devenus insuffisants, il s'en creusa de nouveaux; et au commencement du 17.e siècle sa bouche principale, appelée *Sbocco di Tramontana,* se trouvant très-rapprochée de l'embouchure de l'Adige, ce voisinage alarma les Vénitiens, qui creusèrent, en 1604, le nouveau lit, appelé *Taglio di Porto Viro,* ou *Po delle Fornaci,* au moyen duquel la *Bocca Maestra* se trouva écartée de l'Adige du côté du midi.

Les Vénitiens lui creusent un nouveau lit : *Taglio di Porto Viro.*

Du 12.e au 16.e siècle le rivage à l'embouchure du Pô a considérablement reculé.

« Pendant les quatre siècles écoulés, depuis la fin du 12.e siècle jusqu'à la fin du 16.e, les alluvions du Pô ont gagné sur la mer une étendue considérable. La bouche du nord, celle qui s'était emparée du canal de Mazorno, et formait le *Ramo di Tramontana,* était, en 1600, éloignée de 20,000 mètres du méridien d'Adria; et la bouche du sud, celle qui avait envahi le canal Toi, était à la même époque à 17,000 mètres de ce méridien : ainsi le rivage se trouvait reculé de 9,000 ou 10,000 mètres au nord, et de 6,000 ou 7,000 mètres au midi. Entre les deux bouches dont je viens de parler, se trouvait une anse ou partie du rivage moins avancée, qu'on appelait *Sacca di Goro.*

Influence des digues et des défrichements sur ce phénomène.

« Les grands travaux de diguement du fleuve, et une partie considérable des défrichements des revers méridionaux des Alpes, ont eu lieu dans cet intervalle du 13.e au 17.e siècle.

« Le Taglio di Porto Viro détermina la marche des alluvions dans l'axe du vaste promontoire que forment actuellement les bouches du Pô. A mesure que les issues à la mer s'éloignaient, la quantité an-

nuelle de dépôts s'accroissait dans une proportion effrayante, tant par la diminution de la pente des eaux (suite nécessaire de l'allongement du lit), que par l'emprisonnement de ses eaux entre des digues, et par la facilité que les défrichements donnaient aux torrents affluents pour entraîner dans la plaine le sol des montagnes. Bientôt l'anse de Sacca di Goro fut comblée, et les deux promontoires formés par les deux premières bouches, se réunirent en un seul, dont la pointe actuelle se trouve à 32,000 ou 33,000 mètres du méridien d'Adria, en sorte que, pendant deux siècles, les bouches du Pô ont gagné environ 14,000 mètres sur la mer.

Dans les deux derniers siècles les bouches du P ont gagné 14,000 mè sur la mer.

« Il résulte des faits dont je viens de donner un exposé rapide, continue M. de Prony,

« 1.° Qu'à des époques antiques, dont la date précise ne peut pas être assignée, la mer Adriatique baignait les murs d'Adria;

« 2.° Qu'au 12.e siècle, avant qu'on eût ouvert à Ficarolo une route aux eaux du Pô sur leur rive gauche, le rivage de la mer s'était éloigné d'Adria de 9000 à 10,000 mètres;

« 3.° Que les pointes des promontoires formés par les deux principales bouches du Pô se trouvaient, en l'an 1600, avant le Taglio di Porto Viro, à une distance moyenne de 18,500 mètres d'Adria, ce qui, depuis l'an 1200, donne une marche d'alluvions de 25 mètres par an;

De 1200 à 16 la marche de alluvions a été 25 mètres par

« 4.° Que la pointe du promontoire unique formé par les bouches actuelles, est éloignée d'environ 32,000 ou 33,000 mètres du méridien d'Adria; d'où on conclut une marche moyenne des alluvions

De 1604 à 18 elle a été de 70 mètres par

d'environ 70 mètres par an pendant ces deux derniers siècles; marche qui, rapportée à des époques plus éloignées, se trouverait être beaucoup plus rapide. »

Changements du lit du Pô et de l'Adige avant le 12.e siècle.

M. de Prony n'a pas fait remonter ses recherches au delà du 12.e siècle; mais M. de Hoff, dans son excellent ouvrage intitulé: *Veränderungen der Erdoberfläche*, donne une histoire complète des changements de lit du Pô et de l'Adige depuis le temps des anciens Étrusques[1]. Ce n'est, au reste, qu'une longue série d'événements de la même nature que ceux racontés par M. de Prony. Le résultat le plus remarquable de cette histoire ancienne du Pô, c'est que son cours primitif était le *Po-di-Primaro*, qui longe le pied des dernières pentes des Apennins. C'est là qu'il a d'abord déposé ses alluvions, et c'est ainsi que la lagune de Ravenne a été comblée la première. C'est après avoir élevé ses anciens bords qu'il s'est déversé latéralement, comme le Rhin a fait en Hollande, et qu'il a occupé successivement des lits situés de plus en plus loin au nord de Ravenne, de manière à menacer finalement les lagunes mêmes de Venise, qui, ainsi que nous l'avons vu précédemment, s'en émut aussitôt.

Le Po-di-Primaro qui longe le pied des Apennins, était le cours primitif du Pô.

Causes qui le dirigeaient vers le midi.

Il n'y a rien qui doive surprendre dans ce mouvement graduel, vers le nord, des lits successifs du Pô. Il était naturel que ce fleuve rasât d'abord le pied des dernières pentes des Apennins. Il n'a fait à cet égard près de Ravenne que ce qu'il fait encore près de Turin et de Plaisance. Cela résulte tout simplement de ce

1. Von Hoff, *loc. cit.*, tome I.er, page 270.

que le dépôt grossier, mêlé de blocs erratiques, qui forme le sol fondamental des plaines de la Lombardie, a une surface en pente très-douce, mais cependant sensible vers le sud-est. Le Pô a suivi d'abord l'intersection de cette surface avec celle des pentes des Apennins. Près de Turin et de Plaisance il occupe encore ce sillon, mais dans la partie inférieure de son cours il l'a comblé par ses alluvions, et, obligé d'en sortir, il a dû se jeter vers le nord, puisque des montagnes s'élèvent vers le sud.

Pourquoi il s'est rejeté vers le nord.

Pour bien comprendre les résultats des savantes et lumineuses recherches de M. de Prony sur la marche des alluvions du Pô et de l'Adige, il faut se représenter le niveau de la mer comme invariable et les rivières comme ayant une pente sans laquelle elles ne pourraient couler.

Analyse des causes qui déterminent ces changements de lit.

Si l'on renferme une rivière entre des digues, par cela même qu'elle sera renfermée et ne pourra s'étendre latéralement, il faudra qu'elle ait une pente plus considérable dans les crues pour débiter toute l'eau qu'elle mène à la mer; mais pour qu'elle ait cette pente plus considérable, il faut que son niveau s'élève à une certaine distance de la mer.

Par la même raison, quand la rivière aura allongé ses berges aux dépens de la mer ou d'une lagune, il faudra, pour qu'elle conserve la pente nécessaire au débit de ses eaux, que sa surface s'élève dans toute sa longueur, comme l'indique la figure 2, pl. VII. De là il résultera qu'elle s'ensablera elle-même; car tant qu'elle n'aura pas cette pente indispensable, elle coulera très-lentement et les matières terreuses se déposeront dans son fond, jusqu'à ce qu'elle ait

repris la pente, et par suite, la vitesse qui lui permet de tenir les matières terreuses en suspension.

Lits divergents en forme de patte-d'oie. Delta.

Un autre phénomène très-remarquable, c'est la forme ramifiée que prennent les rivières lorsqu'elles arrivent dans la mer, dans des circonstances pareilles à celle où se trouve le Pô, c'est-à-dire, lorsqu'elles ont à décharger des matières terreuses sur un terrain plat, et où il leur est par conséquent facile de faire reculer le littoral. Si la mer eût été là très-profonde, le Pô n'aurait fait qu'en combler le fond; il aurait pu par conséquent se décharger toujours au même point, et son embouchure n'aurait pas changé de place; mais dans les lagunes et sur une côte plate il a dû encombrer son embouchure de ses dépôts; il a fait reculer la mer par ses alluvions, et il a allongé son lit en même temps qu'il l'élevait.

Il faut remarquer la manière dont se fait cet allongement. Les eaux perdant de leur vitesse, surtout dans les parties latérales, la vase se dépose des deux côtés, et il en résulte des digues qui s'avancent parallèlement au cours du fleuve. La figure 3, planche VII, représente la forme de ces dépôts terreux. Ces digues sont très-étroites, et le fleuve, qui s'élève sans cesse par suite de l'allongement même de son lit, finit par les rompre sur l'une de ses rives. Il trouve, dans la rupture même, une pente rapide, et il se fait un lit dans une nouvelle direction; il tend à allonger ce nouveau lit, et à produire, par l'ouverture successive de plusieurs pareils lits, une sorte de patte d'oie (fig. 4, pl. VII).

L'espace occupé par le cours ainsi ramifié de certains fleuves, a nécessairement une forme à peu

près triangulaire, qu'on compare à celle d'un *delta* majuscule Δ. Voilà pourquoi on appelle ces espaces des *Delta*. C'est le Delta du Nil qui a le premier reçu ce nom.

Il faut joindre toutefois aux données recueillies par l'illustre auteur de la Théorie des eaux courantes la notion de la *préexistence du cordon littoral*, circonstance à laquelle M. de Prony n'avait pas fait attention à Venise, quoiqu'il l'ait reconnue, ainsi que nous le verrons bientôt, dans les marais Pontins.

Nous avons déjà remarqué que le Pô et l'Adige ne paraissent pas avoir toujours versé directement leurs eaux et leurs sédiments dans la mer, ainsi qu'ils le font aujourd'hui. Tout annonce, qu'avant d'en arriver là, ils ont eu à combler des lagunes, comme la Brenta le ferait aujourd'hui sans les travaux des Vénitiens : c'est là que leur Delta s'est étendu et développé pendant longtemps. Certains documents cités par M. de Prony conduisent, en effet, à penser que l'espace traversé par le Pô et l'Adige a été occupé par des lagunes, et Forfait est en ce point tout à fait explicite. « Deux villes considérables, dit-il, furent fondées par les Étrusques entre Brondolo et Ravenne : c'étaient Adria et Spina Pelasga. Nous avons encore des vestiges de la première dans les terrains les plus bas, entre l'Adige et les divers bras du Pô, près des marais dont parle Pline, qui étaient desséchés de temps immémorial. Ce naturaliste les appelle les *sept mers*. Elles s'étendaient entre Ferrare, Adria, Brondolo et Chioggia : elles portaient aussi le nom de *marais adriens*. Les eaux douces d'abord s'y mêlèrent avec celles de la mer. La végétation et les alluvions

Le Delta du Pô et de l'Adige a d'abord rempli des lagunes.

Marais adriens.

relevèrent le fond et firent disparaître les eaux. C'est par erreur que quelques auteurs ont confondu les marais adriens avec la lagune supérieure qui s'étendait entre Chioggia, Altino, Concordia et Déjaïlée. La dernière a toujours été navigable; l'autre ne l'est plus de temps immémorial, si ce n'est dans quelques petits canaux naturels ou factices.»[1]

Lagune qui baignait les murs d'Adria.

Il existait vraisemblablement à Adria une lagune accessible, comme l'est aujourd'hui celle de Venise, aux vaisseaux venant de la mer; car cela suffit pour qu'une ville soit port de mer, puisque Venise en est un, et cela a pu faire qu'Adria ait donné son nom à la *mer Adriatique*, tout aussi bien que Venise donne aujourd'hui le sien au *golfe de Venise*.

Adria était seulement à 10,000 ou 12,000 mètres du cordon littoral, c'est à peu près le double de la distance à laquelle s'en trouve Venise; mais Amsterdam en est beaucoup plus éloignée. Maintenant Adria se trouve tout à fait dans l'intérieur, à 25,000 mètres du point le plus rapproché du littoral. Il a fallu 2500 ans pour produire cette masse d'alluvions de 25,000 mètres de longueur; c'est, en moyenne, 10 mètres par an.

Cette lagune s'est peut-être étendue jusqu'au pied des monts Euganéens.

On a réfléchi depuis longtemps sur la grande probabilité, que l'espace en arrière d'Adria, à partir de la ville d'Este, qui est bâtie au pied des monts Euganéens, a été envahi par les alluvions des rivières, de la même manière que la partie comprise entre Adria et le rivage actuel : on a même cherché à déterminer l'époque à laquelle le phénomène doit avoir commencé. On s'est dit que, s'il a

Difficulté de calculer le temps employé à la combler.

1. Forfait, *loc. cit.*, page 230.

fallu 2500 ans pour produire les 25,000 mètres d'alluvions qui séparent maintenant Adria de la mer, il doit en avoir fallu 3000 pour combler la distance de 30,000 mètres en arrière d'Adria. Je crois ce calcul un peu hasardé, parce que le phénomène est soumis à beaucoup de causes qui tendent à en modifier la marche. Les changements de direction, survenus naturellement, ou produits artificiellement dans la direction du Pô, de l'Adige, de la Brenta et des autres rivières de ces contrées, ont pu en modifier considérablement la rapidité dans un point déterminé.

Cette rapidité a été à peu près en raison directe de la puissance des fleuves dont les alluvions arrivaient dans telle ou telle partie des lagunes. Elle a été la plus grande là où le Pô et l'Adige portaient leurs dépôts. La Brenta a produit, après ces deux fleuves, les effets les plus considérables. Ceux des autres rivières ont été moindres : aussi voit-on qu'à mesure qu'on avance vers le nord, les traces de changement dans les contours intérieurs des lagunes deviennent de moins en moins considérables.

« La partie des lagunes comprise entre Altino et Aquilée semble avoir eu, dans la plus haute antiquité, des limites peu différentes de celles qu'on lui voit encore aujourd'hui : elle s'appelait *Laguna caprulensis*. Les Romains ont soutenu beaucoup de guerres contre les Carniens et les Istriens, et, dans les relations qui nous en restent, rien ne donne lieu de croire que les villes assez voisines de la mer, qui sont aujourd'hui méditerranées, fussent alors maritimes. »[1]

1. Forfait, *loc. cit.*

des Trois-Ports il y a des dunes de sable d'une certaine étendue. Lorsqu'on monte à Venise sur la tour de Saint-Marc, on voit ces dunes se dessiner comme une masse blanchâtre allongée, et on peut les suivre de l'œil jusqu'à une grande distance. A Malamocco, les dunes sont moins considérables, on entre davantage dans la région des dépôts terreux.

Il n'avance pas comme le Delta du Pô; il tendrait plutôt à reculer.

Cet appareil littoral est très-étroit; il y a peu d'endroits où il ait 800 mètres de largeur; et bien loin d'avoir aucune tendance à prendre part au mouvement de progression du delta du Pô, il tend aujourd'hui à céder aux efforts de l'Adriatique. On a été obligé de faire des constructions en pierre de taille, très-coûteuses, pour empêcher la mer de ronger la digue naturelle qui préserve les lagunes.

Travaux exécutés pour empêcher la mer de le détruire.

« Ce n'est pas seulement la lagune, dit M. Forfait, qui, par l'exhaussement progressif de son fond, donnait au Gouvernement vénitien de justes inquiétudes; les lidos qui les protégent éprouvaient aussi de temps à autre des révolutions alarmantes. On les garantit particulièrement aux musoirs qui formaient les passes, avec des files multipliées de pieux, avec des fascinages et des enrochements. La mer se joua de ces frêles obstacles : elle détruisit tout en 1661. Les habitants des lagunes ne suffisaient pas pour réparer ces désastres avant le retour de la mauvaise saison. Ceux de terre ferme, dans le Padouan et le Trévisan, furent appelés à combattre avec eux la nature. Les magistrats de chaque commune furent obligés de fournir un homme de corvée. Les digues et estacades furent relevées avec une plus grande solidité; on les arma d'épis obliques

prolongés dans la mer, pour rompre les lames. On n'épargna ni le travail ni la dépense, et cependant dès l'année suivante une tempête n'en laissa rien subsister. On construisit des talus en brique et en pierre pour empêcher la mer de les prendre à revers en s'élevant par-dessus. On fonda des digues de 4 mètres d'élévation au-dessus du sol : vains efforts; en 1708 tout fut enlevé. L'état des *lidi* empira tellement qu'on craignit de voir toutes les lagunes bouleversées, et qu'on se détermina aux plus grands sacrifices. La partie la plus faible, et qui était la plus exposée à l'action de la mer dans les tempêtes, fut enveloppée, sur une longueur de 1400 mètres, par une muraille faite en grosses bittes de marbre d'Istrie, liées avec du ciment de pouzzolane. Cette muraille, qui était fondée au-dessous des basses eaux sur une forêt de pilotis, s'élève à 3 mètres au-dessus des hautes mers : c'est un ouvrage digne des Romains. Les autres littoraux furent consolidés à moins de frais, mais avec une force proportionnée à celle qui les attaque, et, depuis, un médiocre entretien peu dispendieux a suffi pour garantir cette précieuse enceinte de tout événement. »[1]

Cause probable de la tendance qu'a aujourd'hui la mer à le ronger.

Cette tendance des *lidi* à se démolir tient probablement à ce que la saillie qu'a prise le delta du Pô détermine dans les flots de l'Adriatique un nouveau mode de balancement qui les porte à arrondir leur bassin suivant une courbe nouvelle, en entamant la ligne presque droite suivant laquelle s'étend le rempart littoral des lagunes. Quoi qu'il en soit, au reste, de la cause de ce phénomène, il est évident

1. Forfait, *loc. cit.*, page 227.

que les *lidi* ne tendent pas à empiéter sur la mer; et il n'est pas moins certain qu'ils existent de temps tout à fait immémorial.

Haute antiquité du cordon littoral. Voie romaine qui le suivait.

« Les Romains, dit M. Forfait, avaient deux grandes voies militaires (dans ces contrées) : l'une passait par la terre pamphilienne, entre la ville d'Adria et la mer; elle conduisait aux îles et aux littoraux qui forment l'enceinte de la lagune. Les courriers passaient dans des barques les coupures entre ces îles où sont les cinq ports. L'autre contournait toute la lagune, en partant du même point : elle passait par Mestre ou Adnonum, Altino, Aquilea et Concordia. Aquilée fut longtemps un dépôt de marine des Romains; ils y entretenaient une flotte qui correspondait avec celle de Ravenne pour protéger le commerce maritime.»[1]

La première de ces deux voies romaines paraît s'être conservée jusqu'à nos jours dans la route figurée sous le nom de *Strada romea* sur la feuille 6 de la belle carte du royaume lombard-vénitien, publiée par l'état-major autrichien : cette route, qui vient des États pontificaux, arrive à Mesola en suivant une ligne de dunes (*montoni di sabbia*) dirigée du sud au nord; puis elle suit encore des dunes jusqu'à *Taglio di Po*. Plus au nord elle arrive toujours sur des dunes à Cavanella d'Adige, et ensuite à Brondolo et Chioggia. De Cavanella à Brondolo le *canal di Valle* suit le pied occidental des dunes.

Dunes qui marquent sa place dans la partie envahie par le Delta.

Cette ligne de dunes, dont la carte, pl. VII, indique la position, est extrêmement remarquable ; elle joint le cordon littoral, les *lidi* des lagunes de

1. Forfait, *loc. cit.*, page 231.

Venise à celui qui sépare de l'Adriatique la grande lagune de Comacchio; elle les joint en les continuant suivant une courbe très-simple, qui se raccorde très-naturellement avec leurs courbures respectives, et qui, dans son ensemble, s'éloigne peu d'une ligne droite dirigée du nord au sud.

Je dois cependant faire observer qu'au midi du cours actuel du Pô la zone des dunes se ramifie, et que la lagune de Comacchio est traversée du nord au sud par plusieurs langues de terre, continuées par des lignes d'îlots, qui ont toute l'apparence d'anciens cordons littoraux. La plus intérieure de ces lignes est à 10,000 mètres environ de la plage actuelle. Il paraîtrait donc que dans cette partie le cordon littoral se serait déplacé et aurait avancé vers la mer, par degrés successifs, d'une quantité qui va en quelques endroits jusqu'à 10,000 mètres. On doit naturellement présumer que ces déplacements ont accompagné les atterrissements produits très-anciennement aux environs de Ravenne par le *Po-di-Primaro*.

Quoi qu'il en soit, il est très-probable que la ligne de dunes unique que traversent les cours actuels de l'Adige et du Pô, et à travers laquelle les Vénitiens ont ouvert en 1604 leur *Taglio-di-Porto-Viro*, n'est autre chose que le reste du cordon littoral, tel qu'il existait dans cette partie avant que le Delta n'eût pris son extension actuelle. Cela est d'autant plus probable, que le cours du Pô et celui de l'Adige sont beaucoup plus ramifiés en dehors de la ligne des dunes qu'en dedans. Ces ramifications, plus nombreuses, peuvent naturellement être attribuées au

changement que le régime des fleuves a éprouvé, lorsqu'après avoir dépassé le cordon littoral originaire, ils ont commencé à verser directement leurs sédiments dans la mer.

Epoque à laquelle le front du Delta l'a dépassé.

On sait même à quelle époque le Pô et l'Adige ont commencé à empiéter sur la mer par le dépôt de leurs alluvions, puisque M. de Prony dit positivement (voyez ci-dessus, page 338) qu'au commencement du 12.e siècle *le rivage de la mer était dirigé sensiblement du sud au nord à une distance de* 10,000 *à* 11,000 *mètres du méridien d'Adria; il passait au point où se trouve maintenant l'angle occidental de l'enceinte de la Mesola, et que Loreo, au nord de la Mesola, n'en était distant que d'environ* 200 *mètres*. Or, il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte, pl. VII, pour voir que la ligne du littoral du 12.e siècle, si nettement définie par M. de Prony, *n'est autre chose que la ligne de dunes qui traverse tout le Delta du Pô*. C'est donc à partir du 12.e siècle que le Pô et l'Adige ont commencé à verser leurs alluvions en dehors des lagunes.

Il est peu probable que la progression du Delta, soit en dedans, soit en dehors du cordon littoral, suive une marche constante.

C'est une circonstance toute particulière aujourd'hui pour le Pô et l'Adige, que d'avoir dépassé la ligne du littoral et empiété sur la mer. Il doit en résulter que les choses ne se passent pas maintenant comme à l'époque où le Pô n'avait à remplir que des lagunes. Il n'est donc nullement probable que le phénomène ait suivi depuis son origine une progression constante. Les calculs de M. de Prony sur la marche du Delta du Pô, se rapportent tous à la période depuis le commencement de laquelle les atterrissements ont dépassé le cordon littoral. Il suit

de là, qu'on ne pourrait les appliquer à la période précédente, pendant laquelle les atterrissements ont simplement comblé des lagunes; il n'est pas moins évident qu'on ne peut s'attendre à voir la pointe du Delta s'avancer à l'avenir constamment suivant la même progression.

Les calculs qu' ferait à ce suj seraient illusoi

On a cherché à calculer, d'après la manière dont le Pô avance depuis deux siècles, quelle serait l'époque à laquelle il devra atteindre le rivage des provinces illyriennes. Depuis la pointe actuelle du Delta du Pô jusqu'au port de Rovigno, en Istrie, il y a, en ligne droite, 48′, ou 88,896 mètres. A raison de 70 mètres par an, il faudrait 1269 ans pour que la pointe du Delta l'atteignît; mais elle ne peut marcher toujours avec la même rapidité, parce que la profondeur de la mer va sans cesse en augmentant, à mesure qu'on s'éloigne de l'embouchure du Pô. En outre, à mesure que les atterrissements avancent dans une mer plus profonde, le mouvement des eaux acquiert plus de puissance pour les démolir, ce qui diminue encore la rapidité de leurs progrès. Toute la partie septentrionale de l'Adriatique est, à la vérité, très-peu profonde pour une mer : il n'y a que 80 mètres d'eau dans les endroits les plus creux, qui sont situés près des côtes escarpées de l'Istrie. Cette profondeur est cependant suffisante pour qu'il devienne bientôt impossible aux alluvions vaseuses du Pô d'y lutter contre la violence des eaux. Elles seront démolies presque au fur et à mesure de leur dépôt, et étendues sur le fond, qu'elles ont sans doute contribué déjà à élever, mais qui, d'ailleurs, était naturellement plat, ce qui a

donné à la mer la facilité d'établir un long cordon littoral, et de faire naître ainsi un grand nombre de lagunes. Le Delta du Pô s'y avance maintenant avec une rapidité excessive : c'est un fait réel pour le moment, mais évidemment c'est là un phénomène exagéré par l'effet de circonstances temporaires.

'empiétement ect d'un Delta sur la mer un phénomène are et curieux.

Nous verrons plusieurs autres exemples de Delta empiétant directement sur la mer, ce qui nous fournira de nouvelles occasions d'étudier ce phénomène curieux et beaucoup plus rare qu'on ne le pense généralement.

n d'importance relative phénomène du comblement des lagunes.

Quant au comblement des lagunes, c'est un phénomène dont les effets paraissent considérables sur la carte, parce que la profondeur de l'eau y étant très-petite, il suffit de très-peu de terre pour les changer en prairies; les dépôts sont très-minces, et la masse de terre nécessaire pour produire ces effets, très-sensibles à la surface, est en elle même peu considérable.

Nous retrouvons ici ce que nous avons déjà vu en examinant la Hollande. C'est une classe de faits sur laquelle les travaux des hommes peuvent avoir une action très-sensible, dont les hommes peuvent se rendre maîtres, et qui, par conséquent, dans l'ordre naturel, doit être considérée comme très-secondaire. Dans l'investigation des phénomènes naturels on ne doit pas attribuer une grande importance à des effets si faciles à modifier. Je remets ces changements à leur place, en les classant ici parmi ceux qui affectent la terre végétale.

DIXIÈME LEÇON.

(16 janvier 1844.)

Pays-Bas méditerranéens.

Marais Pontins.

Messieurs,

Les côtes de la partie occidentale de la Méditerranée, au milieu de laquelle s'élèvent les îles de Corse et de Sardaigne, sont bordées, ainsi que nous l'avons déjà vu, par une multitude de lagunes, dont l'existence est due à des cordons littoraux qui les séparent de la mer. Lagunes répandues autour de la partie occidentale de la Méditerranée.

La plupart de ces lagunes, de même que celles de l'Adriatique, se comblent plus ou moins rapidement par l'accumulation des sédiments que les rivières affluentes y déposent : quelques-unes le sont déjà plus ou moins complétement, et parmi ces dernières on peut citer les *marais Pontins*, dans les États romains, et les parties basses des *maremmes* de la Toscane. Plusieurs sont comblées plus ou moins complétement. Les marais Pontins sont compris dans cette catégorie.

Les *marais Pontins* étant devenus, dans le cours des derniers siècles, le foyer de miasmes pestilentiels, on a fait successivement diverses tentatives pour les

dessécher. Plusieurs papes s'en sont occupés; et lorsque Rome est devenue le chef-lieu du département du Tibre, l'empereur Napoléon a voulu ajouter ce grand travail aux merveilles de son règne. M. de Prony, chargé par lui d'en tracer le plan, a étudié, en 1810 et 1811, les marais Pontins avec toutes les ressources que peut offrir l'art de l'ingénieur, dont il était alors le plus grand maître. Il en a fait depuis l'objet d'un ouvrage important, intitulé *Des marais Pontins,* qui a paru en 1818.

Projet de leur desséchement confié à M. de Prony.

Quelques passages de ce livre suffiront pour vous donner une idée des marais Pontins et des conclusions auxquelles M. de Prony s'est arrêté touchant leur origine probable :

Leur étendue.

Le sol Pontin est baigné à l'ouest et au sud par la mer tyrrhénienne; sa longueur, dans le sens parallèle à la côte, est de 42,000 mètres; sa largeur, de 17 à 18,000 mètres.

Ils sont bornés par deux lignes de dunes appuyées au *Monte-Circeo.*

« L'action de la mer a formé sur la partie occidentale du littoral une double ligne de dunes (dirigée du nord-ouest au sud-est), appuyée, d'une part, au cap d'Astura, et de l'autre au mont ou pic de Circeo, à partir duquel cette ligne se prolonge, de l'ouest à l'est, mais sans être double, jusqu'à la ville de Terracine, placée à l'extrémité sud-est des marais. »[1]

« En partant du port antique de Terracine, et en suivant la lisière des marais, on ne les trouve séparés de la mer que par une dune étroite; une autre dune, beaucoup plus considérable, ou plutôt un vaste terrain d'alluvions d'une forme à peu près

1. De Prony, Des marais Pontins, page xx de la préface.

semblable et d'une étendue à peu près égale à la leur, est interposé entre la mer et leur côté occidental, parallèle à l'axe longitudinal.

« Au sommet de l'angle formé sur le rivage de la mer par les deux dernières directions, se trouve un piton calcaire très-remarquable, détaché, ou plutôt séparé de la grande chaîne calcaire (continentale) par les dunes et les marais, et auquel se rattachent, comme à une masse solide et résistante, les deux dunes dont il protége les extrémités, méridionale de l'une et occidentale de l'autre, contre les attaques de la vague; nous voulons parler du mont Circeo, élévé de 525 mètres au-dessus de la mer, et entièrement isolé à l'extrémité de la vaste plaine qu'il domine. »[1]

« Des raisonnements fondés sur les plus fortes analogies, sur des observations très-concluantes et sur de respectables traditions, ne permettent guère de douter que le mont Circeo n'ait été primitivement baigné de tous les côtés par la mer. Ce mont, qui sert maintenant de contre-fort aux alluvions pontines, a dû faire partie de l'archipel formé au devant du golfe de Gaëte et de la rade de Terracine par les petites îles de *Procida*, *Ischia*, *Vandotena*, *Ponza*, *Zanone*, *Palmerola*. »[2]

« La dune occidentale, qui sépare de la mer la *Machia di Cisterna* et la *Machia di Terracina*, semble avoir été formée la première appuyée au nord par le cap d'Astura, et au midi par le mont

1. De Prony, Des marais Pontins, page 3.
2. *Idem*, *ibid.*, page 4.

Circeo; la dune méridionale, beaucoup plus étroite, en se réunissant la *colline*, dont nous parlerons au n° 37, paraît être d'une formation postérieure; et l'intérieur des marais a pu être longtemps un golfe ou une espèce de lagune, comblée ensuite par les alluvions, dont les eaux des divers courants qui les traversent étaient chargées.[1]

Dans l'état actuel des choses, les cordons littoraux dont nous venons de parler ferment si hermétiquement les marais Pontins, que « la totalité des eaux Pontines n'a qu'un seul débouché à la mer, en un lieu qu'on appelle *Badino*, situé à l'ouest et à environ 5000 mètres de Terracine; je compte pour rien une petite portion d'eau qui s'échappe par le port antique de cette ville, et une autre, beaucoup plus petite, qui coule au travers de la dune occidentale, en suivant la direction d'une ancienne fosse très-remarquable, appelée *rio Martino*.»[2]

Le sol des marais Pontins a beaucoup de rapports avec celui de certaines parties de la Hollande. Près de la surface on trouve de la tourbe alternant avec quelques couches terreuses; plus bas on rencontre des couches de sable et d'argile avec des restes marins.

Sondages qui ont fait connaître la composition du sol Pontin.

« Des sondes faites en 1811, dit M. de Prony, près des sources de l'Uffente, et à 16,000 mètres de distance du rivage actuel de la mer, ont été poussées jusqu'à 22 mètres de profondeur : le fond des trous de sonde se trouvait ainsi à 17 mètres au-dessous du niveau

1. De Prony, ouvrage cité, page 3.
2. *Idem, ibid.*, page XXI de la préface.

actuel de la mer, et on en a retiré du sable marin, des coquillages et des plantes marines assez bien conservées.

« Ce fait curieux et important prouve en même temps que la mer a baigné le pied des montagnes qui limitent les côtés oriental et septentrional des marais, et que son fond s'abaissait sur un talus très-rapide à partir de la rive antique ; la lagune pontine a donc pu offrir aux vaisseaux un abri où nos plus gros bâtiments de guerre actuels auraient pu mouiller et trouver beaucoup plus d'eau qu'il ne leur en faut pour être à flot. »[1]

« Les conséquences que je déduis, ajoute M. de Prony, de l'opération de 1811, sont pleinement confirmées par d'autres opérations semblables, faites postérieurement, et surtout par une fouille très-profonde que M. l'ingénieur Scaccia a exécutée au travers de la voie Appia, en 1813, pour fonder le pont sous lequel le canal de la Schiazza devait traverser cette voie.

« 1.° La première couche *A* (la plus basse) est une argile ou terre à briques, formant le terrain primitif; j'ai pu sonder, dit M. Scaccia dans une lettre à M. de Prony[2], jusqu'à 3 mètres au-dessous de sa superficie.

« 2.° La seconde couche *B* est composée de la même argile, mêlée avec une grande quantité de coquillages, en partie entiers et en partie broyés. Il me paraît que c'était là le fond antique de la mer

1. De Prony, *loc. cit.*, page XXXI de la préface.
2. *Idem, ibid.*, page XXXI.

avant la formation des marais Pontins. Nous avons à présent deux points bien reconnus de la position de ce golfe antique : l'une, à la *Mezza luna de l'Uffente* par des sondes faites en notre présence, et l'autre au pont de la Schiazza. On voit que le fond va en s'élevant graduellement, à mesure qu'on s'approche du mont Circeo, père de cette plaine.

« 3.° La troisième couche *C* est une tourbe noire et compacte de formation très-ancienne et de beaucoup antérieure à la voie Appia : cette couche a sa base à peu près horizontale. » Son épaisseur, avant qu'elle fut comprimée par le poids de la voie Appia, était de 3 mètres.

Au-dessus de la tourbe se trouvent des couches terreuses et graveleuses, en tout ou en partie charriées pour la construction de la voie Appia.

« D'autres sondes, faites sur des points beaucoup plus rapprochés du mont Circeo, ont donné du sable et des coquillages marins à une profondeur beaucoup moindre, ce qui indique la déclivité de l'antique fond de la mer, qui allait en s'abaissant depuis le piton isolé de Circeo jusqu'à la proximité du rivage, au pied des monts où il se relevait subitement par la contre-pente abrupte que nous avons reconnue. D'autres observations, faites sur le relief du sol Pontin, prouvent qu'il existait dans le golfe comblé des *hauts-fonds*, des récifs et des îlots qui ont dû favoriser et accélérer la formation des dunes. »[1]

Formation des marais Pontins; lagune comblée par les dépôts des rivières.

.... « L'ensemble des phénomènes qui ont concouru à la formation des marais Pontins présente

1. De Prony, *loc. cit.*, page 5.

donc à l'esprit, d'une part, des fleuves et torrents tombant dans le golfe antique que couvraient les îles de Circé, Zanone, Ponza, etc..., entre le cap d'Astura et la pointe de Terracine, et y jetant *la chair des montagnes* (M. de Prony désignait ainsi les parties molles superficielles), dont ils déchiraient les flancs; d'un autre côté la mer, formant sur la limite de ce nouvel appendice du continent deux bandes de dunes : l'une, qui est la plus ancienne, composée d'un double rang; l'autre, beaucoup plus récente, qui a fini par fermer la dernière communication de la mer au large, avec le golfe intérieur, entre le cap Circeo et Terracine. »[1]

On pourrait peut-être soulever, relativement à la formation successive de ces dunes, quelques questions auxquelles M. de Prony n'a pas songé. Nous y reviendrons plus tard; il nous suffit, pour le moment, de reconnaître avec cet illustre ingénieur, que les marais Pontins résultent du comblement d'une lagune que la mer avait circonscrite elle-même, comme les *haffs* de la Baltique et les lagunes de Venise, par un cordon littoral.

Le littoral des *maremmes* de la Toscane, l'*Albuféra* de Valence nous présenteraient des faits du même genre; mais nous passerons de suite à ceux que nous offre l'embouchure du Rhône.

1. De Prony, *loc. cit.*, page XXXVII de la préface.

Bouches du Rhône.

Étangs qui bordent la Méditerranée depuis le cap de Creux jusqu'aux environs de Marseille.

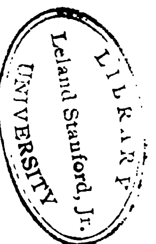
La côte de la Méditerranée est bordée, depuis le cap de Creux jusque près de Marseille, par une série remarquable d'étangs, dont nous nous sommes déjà occupés.

Entre Agde et les bouches du Rhône en particulier s'étendent les étangs de Thau, de Maguelone, de Perols et de Mauguio, qui ne sont séparés de la mer, ainsi que nous l'avons déjà vu, que par des levées de sable appelées *les plages,* lesquelles sont coupées par des canaux, qui portent le nom de *Grau.*

Ils doivent leur existence aux cordons littoraux appelés les *plages.*

Depuis longtemps ces étangs avaient fait naître des idées semblables à celles que M. de Prony a appliquées aux marais Pontins. «Il est visible, dit Darluc, que les étangs qui s'étendent le long de la côte du Bas-Languedoc, depuis Aigues-Mortes jusqu'à Agde, ont fait partie autrefois de la mer même, dont ils n'ont été séparés que par un long banc de sable qui s'est formé entre deux, connu sous le nom de *la Plage.* Leur situation, leur niveau avec la mer, la salure de leurs eaux, ne permettent pas de douter de ce fait. On doit porter le même jugement des étangs d'*Escamandre* et d'*Escoute;* des grands marais qui sont le long de la Roubine et du Vistre; des étangs de *Saint-Laurens,* de *Repousset,* de *la Ville,* du *Roi,* etc.»[1] Entre les deux bras du Rhône se trouve l'étang de *Valcarès,* qui rappelle encore les précédents.

1. Darluc, Histoire naturelle de la Provence, tome I.er, p. 372.



DLC
rev 1-22-81

AOC NUC

t. VIII.

BOUCHES



us à l'est on trouve le vaste *étang de Berre*, qui une nature différente; sa superficie est d'en- 160 kilomètres carrés : c'est une petite mer ieure, entourée de collines et liée seulement à éditerranée par un canal naturel, appelé étang aronte, qui se termine par le port de Bouc. ng de Berre ne communique même avec l'étang aronte qu'à travers les Martigues, ville com- e de trois parties séparées par de petits bras de espèce de rivières salées peu profondes, qu'on se sur des ponts. Il est entouré de collines for- de terrains de divers âges. Toute cette configu- n est antérieure à l'époque actuelle, à l'excep- toutefois des cordons littoraux, des lagunes et etits *delta* que l'étang de Berre présente sur ses res rivages.

L'étang de Berre est d'une nature différente.

ur sa rive occidentale s'élèvent des collines, au eu desquelles se trouvent des étangs salés, dont ques-uns sont au-dessous du niveau de la mer. ces collines s'adosse, vers l'ouest, la vaste plaine a *Crau*, que les anciens (Strabon, Pomponius a, Pline) appelaient *campus lapidus* ou *campus uleus :* le sol y est uniquement formé de cail- roulés, gros souvent comme la tête d'un cheval. un terrain assez rude et fatiguant à parcourir. urface de la Crau est extrêmement unie dans ensemble, et quand on est au milieu, il semble ce soit un plan aussi horizontal que la surface a mer : aussi a-t-on appelé la Crau une *mer de oux;* cependant elle a, dans la direction du -sud-ouest, une inclinaison très-légère, et qui pas même tellement constante qu'il n'y ait

La Crau.

quelques ressauts. En prenant la chose dans son ensemble, cette large plaine présente plusieurs étages, plusieurs terrasses, à quelques décimètres l'une au-dessus de l'autre.

Autres plaines analogues dans la contrée.

Il y a une foule de terrasses de ce genre sur les bords du Rhône : c'est un phénomène sur lequel je reviendrai dans la suite. Les collines qui dominent Bellegarde et Saint-Gilles vers l'ouest, sont couronnées par de pareilles plaines de cailloux. Ces plaines de cailloux s'étendent dans tout l'espace qui borde la Méditerranée de Cette aux Martigues. C'est en grande partie sur leurs surfaces que sont tracés les chemins de fer de Cette à Nîmes, de Nîmes à Beaucaire, et de Beaucaire à Marseille.

L'idée qu'on peut se faire de la forme qu'avait le terrain avant que le Rhône y déposât, dérive de la constitution de la Crau. Il y a des terrasses dans la Crau; mais elles sont dans une direction longitudinale, et non dans une direction transversale. On voit aisément que leurs surfaces prolongées passeraient à une très-petite profondeur au-dessous de la Camargue, et on pourrait construire leur intersection avec le plan de la surface de la mer.

Configuration et pente de la Crau.

La Crau s'étend jusqu'à la limite des terrains marécageux des Bouches-du-Rhône. Sa partie la plus élevée, comprise entre Salon et Eyguières, se trouve à environ 40 mètres au-dessus du niveau de la mer. De là à l'étang de Landres, situé entre Arles et le port de Bouc, il y a environ 25,000 mètres. Si l'étang de Landres est à 1 mètre au-dessus de la mer, cela donne une pente de 39 mètres pour 25,000, c'est-à-dire de 0,00156, ou de 5′ 25″. Il est aisé,

d'après cela, de tracer le profil de la Crau et de le prolonger, par la pensée, au-dessous des étangs, des bouches du Rhône et de la mer.

Elle se prolonge au-dessous des bouches du Rhône

La Crau et les collines qui la bordent ont des formes à peu près invariables. Cette disposition du sol est permanente et remonte au commencement de l'état présent des choses. Mais à côté de ce tableau fixe se trouve un tableau mobile, c'est celui des atterrissements du Rhône.

Le Rhône, en versant dans la Méditerranée ses eaux, unies à celles de la Durance, de l'Ardèche et de plusieurs autres rivières, a donné naissance à un *Delta*, qui n'est pas moins remarquable que celui du Pô, auquel il ressemble sous plus d'un rapport.

Delta du Rhône analogue à celui du Pô

En latin, comme l'a remarqué Astruc, le Pô et le Rhône ont presque le même nom (*Eridanus* et *Rhodanus*). On pourrait soutenir aussi que le Rhin tire son nom de la même source que le Rhône (*Rhenus* et *Rhodanus*); le nom du Danube ne se prête qu'à un rapprochement beaucoup plus incertain avec celui du Rhône (*dan*-ubius, rho-*dan*-us). On peut regarder comme formant une autre série de noms très-analogues entre eux, ceux de la Drave (*Drau*), de la *Drance*, de la *Doire* (*Dora*), du *Drac*, de la *Durance*.

Analogie des noms de ces deux fleuves et de quelques autres

Les étymologistes croient avoir trouvé la signification de la racine du nom du *Rhône*, et peut-être découvriront-ils quelque chose d'analogue pour celui de la *Durance*. M. Mongez dit en effet, dans son article *Éridan* de l'*Encyclopédie* : « C'est un nom générique des fleuves ; du primitif R : *rhe*, rouler, couler, courir ; et voilà pourquoi il y a plusieurs

Éridans chez les anciens. Le Nil surtout, des bords duquel sont venues les histoires astronomiques, portait le nom d'*Éridan.*»

Voisinage et ressemblance de leurs sources.

Indépendamment de la ressemblance de leurs noms, l'Éridan et le Rhône ont aussi des sources à peu près semblables, puisque le Mont-Blanc, le mont Rose, le mont Viso, toutes les Alpes graies et pennines partagent leurs eaux entre eux. Toutefois, le Rhône est un fleuve plus âpre et plus sauvage que le Pô. Adouci un moment par son passage dans le lac de Genève et par son mélange avec la Saône, l'adjonction de l'Isère, de la Drôme, de l'Ardèche, et surtout de la Durance, lui rend près de son embouchure un caractère torrentiel. De là résultent les traits de différence qu'on peut signaler au milieu d'une ressemblance générale frappante entre les bouches du Rhône et celles du Pô.

Le Rhône reste jusqu'à son embouchure plus torrentiel que le Pô.

Bouches du Rhône.

La carte, figure 1.re, planche VII, représente les bouches du Rhône. Ces bouches, avec les atterrissements qui s'y rattachent, occupent presque tout l'espace compris entre le port de Bouc et l'étang de Mauguio.

Les bouches du Rhône avaient attiré l'attention des anciens. Ils ont mentionné le fait du partage que les eaux du Rhône éprouvent avant de se jeter dans la mer; mais ils ont varié sur le nombre de ses bouches, qu'ils ont portées jusqu'à sept. On peut dire qu'aujourd'hui il n'en existe que deux, qui se séparent à *Fourques,* à un kilomètre au-dessus d'*Arles.* Cette dernière ville, qui fut considérée pendant quelque temps comme la capitale des Gaules, est bâtie sur la branche orientale qui, du temps des

Elles se réduisent aujourd'hui à deux principales.

Romains, était déjà la principale; l'autre s'appelle le *Rhôdanet* ou le *petit Rhône*.

A l'ouest de l'embouchure du bras principal du Rhône se trouve une ancienne bouche, qui est presque entièrement abandonnée aujourd'hui et qu'on appelle le *canal du Japon*. Près de l'embouchure du petit Rhône il existe un bourg remarquable par sa position et son ancienneté, qu'on appelle *les Saintes-Maries*. Le petit Rhône, comme le grand, est accompagné, vers l'ouest, d'un ancien canal presque abandonné, le *Rhône mort*. Ce dernier aboutit à la mer près de la redoute de Terre-Neuve. En outre, un ancien bras, plus occidental, se trouve indiqué près d'Aigues-Mortes, et obstrue même, plus à l'ouest encore, les traces d'un autre bras, dont les restes se lient à des marais en communication avec l'étang de Mauguio.

Chacune d'elles est accompagnée vers l'ouest d'un canal abandonné.

L'étang de Mauguio se prolonge dans la direction du sud-ouest, et se rattache à d'autres étangs, qui se continuent jusqu'à *Cette*, et ne forment même qu'un seul étang. Il en existe plusieurs dans l'espace compris entre les différents bras du Rhône. Entre les deux bras principaux se trouve un grand étang, l'étang de Valcarès, et une quantité d'autres étangs plus petits. On y rencontre encore les marais de Valcarès, et à l'ouest du petit Rhône ceux de la Souteyrane de Larmitane. On y remarque enfin des salines, telles que la saline de Valcarès et celle de Peccais.

Étangs compris entre les différents bras du Rhône.

L'espace complétement plat dans lequel s'étendent, et se sont étendus les bras actuels et les anciens bras, espace qu'on peut considérer comme le

Le Delta du Rhône s'appelle la *Camargue*.

delta du Rhône, s'appelle la *Camargue.* La Camargue, dans le sens le plus général, embrasse tout l'espace situé entre la Crau et les collines de Bellegarde, de Saint-Gilles et de Psalmody. Dans le sens le plus restreint, c'est un triangle renfermé entre les deux bras du Rhône qui se séparent à Fourques. C'est dans ce sens qu'on dit l'*île de la Camargue;* mais on y ajoute ordinairement l'espace compris entre le petit Rhône, le Rhône mort et la mer, qu'on appelle la *petite Camargue ;* usage qui remonte, sans aucun doute, à une époque où le Rhône mort d'aujourd'hui pouvait être considéré comme une des bouches principales du fleuve.

Le triangle compris entre les deux bras du Rhône s'appelle l'île de Camargue.

Ses dimensions.

D'après un rapport fait en 1829 par M. Garella, ingénieur en chef des ponts et chaussées dans le département des Bouches-du-Rhône, le périmètre de l'île de la Camargue est de 130 kilomètres; la distance entre les embouchures du grand et du petit Rhône est à elle seule de 48 kilomètres. La surface de l'île est de 730 kilomètres carrés (73,000 hectares).

Constitution du sol de la Camargue.

La *Crau* et la *Camargue* sont deux contrées contiguës, mais très-différentes, quoique plates l'une et l'autre : l'une est un terrain de cailloux, et l'autre un terrain de limon. Dans tout l'espace bordé à l'est par la Crau, et à l'ouest par les coteaux de même nature que la Crau qui s'étendent de Beaucaire à Bellegarde, à Saint-Gilles, à Franquevaux, à Onglas et à la colline isolée de Psalmody, il n'y a plus un seul caillou; il n'y a tout au plus que de très-petits graviers gros comme des pois ou des noisettes, qui se voient par-ci par-là. Le terrain de toute la Camargue

est un mélange de limon, de sable et de gravier très-fin, dont les grains les plus gros ne dépassent pas le volume que je viens d'indiquer. La plus grande partie de cet espace est couverte par un sol très-fin, renfermant des parties micacées, semblables au limon que le Rhône charrie. Vers la limite supérieure de la Camargue, le terrain bas et marécageux qui s'étend entre Bellegarde et Arles, et entre Arles et Montmajour, est également formé d'un dépôt terreux très-fin et très-micacé sans aucun caillou. Les terres de la Camargue, ainsi que l'a observé un habile agriculteur, M. François Roux, sont d'un gris plus ou moins noirâtre et paraissent composées de silice, d'alumine, de chaux carbonatée, d'oxides de fer, de manganèse et de détritus abondants des règnes végétal et animal, mélangés dans des proportions favorables. Ces terres forment de riches campagnes.

Les eaux et le limon du Rhône la fertilisent.

Plusieurs bras anciens du Rhône, convertis aujourd'hui en canaux, donnent écoulement aux eaux et permettent d'arroser les terres pendant l'été : 31,300 hectares de la surface de la Camargue sont dans le cas d'être ainsi arrosés par les eaux du Rhône. Ces eaux sont chargées de limon qu'on répand sur la surface du terrain, et qui s'y répand même naturellement dans les crues. De là il résulte que dans le voisinage du Rhône le sol est plus élevé. Le Rhône exhausse ses bords et même son propre lit au point que ses eaux finissent par quitter le canal où elles coulent, pour se déverser latéralement : c'est le résultat d'un effet mécanique que j'ai déjà indiqué en parlant du Rhin et du Pô. Il s'exerce

Ce limon élève les bords et le lit du fleuve.

de même ici, mais dans une progression moins ra pide que sur les bords du Pô.

Digues du Rhône. Le Rhône est retenu aujourd'hui par des digue dans la plus grande partie de son parcours à tra vers le département des Bouches-du-Rhône. L digues de la Camargue garantissent cette contré des crues ordinaires. M. Garella évaluait en 182 la longueur de ces dernières seulement à près d 100 kilomètres.[1]

Leurs inconvénients. « Il est permis de douter, dit un de nos plus s vants agronomes, que la création des digues q bordent la partie inférieure du cours du Rhôn ait été un bien. Quand le Rhône submerge u terrain sans rencontrer d'obstacles, il s'épancl au loin en prenant son niveau, perd sa rapidité e s'étendant, et laisse déposer sur son passage le limo qu'il entraîne avec lui. Ce limon, riche et abo dant, dispense de fumer les terres et permet d supprimer les jachères. Ces terres, exhaussées p les crues, se trouvent généralement plus élevées q celles qui sont garanties par les chaussées : ell restent donc bien moins longtemps sous l'eau q ces dernières, inondées par la rupture de leurs d fenses : celles-ci, ne recevant pas d'amendemen annuels, doivent être fumées pour porter de plein récoltes. Les terres non défendues valent la moit en sus, et souvent le double des terres couvertes pa les chaussées, et c'est sur ce pied qu'elles se vende les unes et les autres. On ne pourrait aujourd'hu sans de graves inconvénients, renverser les digu

1. De Villeneuve, Statistique du département des Bouches-d Rhône; tome IV, pages 542 et 549.

et revenir à l'état originaire. Les terres qui sont en dehors des défenses se sont exhaussées de manière à surmonter de beaucoup le niveau des terres défendues : il en résulterait donc, si l'on abattait les digues, que les eaux, en débordant, se répandraient sur les terres de l'intérieur, non pas lentement et par un mouvement progressif, mais avec un courant qui y causerait des affouillements; et qu'après le débordement, les eaux y séjourneraient longtemps, faute de pouvoir s'écouler librement dans le fleuve, dont elles seraient séparées par des terres plus élevées. Ce ne serait qu'après une série d'années considérable, et après des pertes qui ne pourraient être évaluées, que le niveau des terrains serait rétabli.»[1]

Lagunes, marais, terres incultes dans l'intérieur de la Camargue.

Les terrains cultivés dans la Camargue sont situés principalement le long des bras du Rhône : le reste de la Camargue se compose de terres incultes, de marais, de lagunes. Les lagunes, principalement celles de Valcarès, sont très-étendues. Elles sont situées principalement dans le centre de l'île et sur le bord de la mer, où le terrain est le plus bas.

La superficie de l'île de la Camargue est, d'après M. Garella, de 73,000 hectares, et sur cette étendue l'étang de Valcarès couvre à lui seul une superficie de 6480 hectares.

Les marais renfermés dans la Camargue ont une superficie de 10,400 hectares. Sur cette étendue 1650 hectares seraient susceptibles d'être desséchés en

1. De Gasparin, Mémoire sur les débordements du Rhône. (Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, tome XVIII, page 104.)

moins de quinze ans au moyen du limon du petit Rhône, qui pourrait, d'après l'évaluation de M. Garella, y déposer $0^{m},10$ de hauteur par année d'un limon gras et fertilisant. Il y a peut-être quelques raisons de croire cette évaluation un peu exagérée.

Marais de la rive gauche du Rhône.

Il existe en outre sur la rive gauche du Rhône 7246 hectares de marais à dessécher. Leur étendue était beaucoup plus grande autrefois; mais la communauté d'Arles fit dessécher ses marais dans le 17.e siècle par des Hollandais, qu'on fit venir exprès. Les premiers travaux furent exécutés par *J. Van Ens.*

Travaux de desséchement des Hollandais.

Les Hollandais saignèrent les marais par de vastes coupures : ils en dérivèrent les eaux dans un large canal, qu'on nomma *Roubine,* lequel, étant prolongé jusqu'à la mer, facilita le dessèchement. La révocation de l'édit de Nantes les obligea à retourner dans leur pays.[1]

Plan du Bourg.

Les marais d'Arles confinent au plan du Bourg. C'est ainsi qu'on nomme un appendice de la Camargue, borné au nord par des marais que traversent les canaux de desséchement dont je viens de parler, et au midi par la mer. Il s'étend jusqu'au village de *Foz.* Le terrain y est le même que dans la Camargue. Le plan du Bourg est fort sujet à être inondé, parce que toutes les eaux des marais de la rive gauche du Rhône, depuis Avignon jusqu'à Arles, s'écoulent par-là. On y a tracé récemment le canal d'Arles au port de Bouc, qui sert à la navigation; ce canal traverse en grande partie les terrains marécageux et tourbeux qui marquent les

Canal d'Arles au port de Bouc.

1. Darluc, Histoire naturelle de la Provence, tome I.er, p. 253.

confins de la Camargue et de la Crau, pour passer ensuite entre Foz et la mer, et tomber enfin dans le port de Bouc, qui forme près de l'embouchure du Rhône une succursale du port de Marseille.

Troupeaux de la Camargue.

La partie cultivée de la Camargue produit d'excellentes moissons de *blé* et *d'orge;* les parties qui ne sont pas labourées sont employées à la nourriture des troupeaux. Les marais et autres terrains incultes nourrissent en hiver de grands troupeaux de moutons, ainsi que beaucoup de bœufs et de chevaux. 2000 chevaux et un grand nombre de bœufs, entièrement libres, errent toute l'année dans les marais[1]. La statistique des Bouches-du-Rhône évalue à 140,000 le nombre des moutons de la Camargue.

Environ 75,000 bêtes à laine partent vers la fin de mai pour les montagnes pastorales des Alpes, où elles vont passer l'été, et reviennent passer les six autres mois de l'année dans les pâturages de la Camargue et de la Crau.

Sables de la Camargue.

La fertilité générale du sol de la Camargue se dément dans certains districts où le sable prédomine. Le Rhône dans ses crues dépose du sable sur les berges, et les vents venant à s'en emparer « étendent des plaines sablonneuses aux bords du grand et du petit Rhône, surtout à la pointe septentrionale de l'île. Les sables qui se répandent sur les domaines obstruent les prises d'eau des fossés sur le Rhône »: ces effets sont tellement funestes que « la ville d'Arles avait sollicité et obtenu du Gouverne-

1. De Villeneuve, Statistique du département des Bouches-du-Rhône; tome IV, page 61.

ment la démolition de 70 mètres de l'éperon de Fourques, dans le but d'assurer au petit Rhône le volume d'eau nécessaire pour entraîner les sables, qui ne cessent de s'accumuler sur ses bords avec une progression rapide.»[1]

Le petit Rhône a accumulé sur ses rives une grande quantité de ces sables; car, depuis Saint-Gilles jusqu'à Aigues-Mortes, on ne trouve que des marais ou des sables mouvants..... Au reste, ces sables ne sont pas d'une stérilité absolue; mais ils ne conviennent qu'à certains végétaux. La petite Camargue nourrit une forêt de pins piniers (*pinus pignœa*, ou pin en parasol) dans les sables qui recouvrent sa partie méridionale (forêt des Saintes-Maries); et tous les sables de la Camargue pourraient être plantés en essences de pins et de tamarins comme ceux de la petite Camargue.[2]

Forêt de pins des Saintes-Maries.

Des étendues considérables de la Camargue sont couvertes d'efflorescences salines; ce qu'on attribue à ce que le sous-sol est formé de sable de mer. On présume que le sel marin, dont les couches inférieures du terrain, autrefois sous les eaux de la mer, sont imprégnées, étant dissous par les eaux filtrantes, monte avec elles par les interstices capillaires que le sol présente dans sa contexture, et arrive sur les couches supérieures, où l'évaporation le laisse en efflorescences pendant la canicule: ce sel couvre ainsi de grands espaces, auxquels on donne le nom de *Sansouires*.

Parties de la Camargue couvertes d'efflorescences salines.

1. De Villeneuve, ouvrage cité, tome IV, page 58.
2. *Idem*, tome IV, page 551.

Les *Sansouires* sont couvertes de végétaux maritimes, telles que la salicorne (*salicornia fruticosa*), les statices (l'*aster limonium*) et autres, dont on faisait de la soude avant que cet alcali fût tombé à un prix aussi bas que celui auquel il se vend aujourd'hui. *Sansouires.*

On combat dans quelques parties les pernicieux effets de cette imprégnation saline, en inondant le sol au moyen des eaux du Rhône.

On extrait une grande quantité de sel de la Camargue : des espaces considérables y sont couverts de salines. Les eaux, généralement très-salées des étangs, servent à fabriquer le sel. Les étangs et les marais de la Camargue communiquent souvent avec la mer; ils n'en sont séparés que par des digues de sable amoncelées par la mer. Quoiqu'il n'y ait pas de marées dans la Méditerranée, le niveau des eaux n'y est pas constant : elles s'élèvent quand le vent souffle du large avec force, et pénètrent alors dans les lagunes et les marécages qui sont dans le voisinage. Ces marécages salés, particulièrement l'étang de Valcarès, sont bordés de salines. Entre l'étang de Valcarès et Aigues-Mortes, sur la rive occidentale du Rhône mort, se trouve la saline de Peccais, dont on tire aussi une grande quantité de sel. *Marais salans de la Camargue*

Je suis entré dans ces divers détails pour vous montrer que la Camargue, qui est peu parcourue par les voyageurs, est cependant très-bien connue, et ne saurait donner matière à des récits fabuleux. Elle a fixé l'attention de tous les temps, et l'histoire a conservé quelques documents précieux sur l'état dans lequel se sont trouvées certaines parties Histoire du Delta du Rhône

du delta du Rhône à diverses époques, depuis l'expédition de Marius contre les Teutons et les Ambrons (102 ans avant J. C.) jusqu'à nos jours.

Je vais les rapporter avec d'autant plus de soin, qu'ils ont souvent été défigurés, et qu'on a tiré de citations fausses ou tronquées des conclusions singulièrement erronnées.

Canal de Marius (*Fossæ marianæ*).

L'an de Rome 650, ou 103 ans avant l'ère chrétienne, c'est-à-dire il y a maintenant 1945 ans, Marius établit son camp dans le plan du Bourg, où il attendit pendant deux ans les ennemis de la République; « il employa les soldats de son armée à creuser un canal qu'on appella les *Fosses marianes* (*Fossæ marianæ*), par lequel il fit couler les eaux du Rhône jusqu'à la mer, afin d'éviter les obstacles qui, alors comme aujourd'hui, traversaient la navigation près de l'embouchure du fleuve. »[1] Le canal de Marius partait des environs d'Arles, où il prenait les eaux du Rhône, et il débouchait dans la mer près du village de Foz. Quelques érudits pensent même que le nom du village vient de celui des *Fossæ marianæ,* tandis que d'autres le font dériver du nom des Phocéens auxquels sa fondation est attribuée, de même que celle de Marseille.

Le canal de Marius fut pendant plusieurs siècles une des voies commerciales les plus fréquentées des Gaules. « *Maritima Avaticarum* (les Martigues) et le port des *Fosses marianes* étaient les entrepôts de toutes les marchandises qui aboutissaient à Arles par le canal de Marius, qui assurait la navigation

1. Darluc, Histoire naturelle de la Provence, tome I.er, p. 261.

du Rhône, et duquel dépendait tellement la prospérité d'Arles, qu'elle n'a réellement tombé que depuis que ce canal est tombé.»[1]

Ce canal, en effet, ne s'est pas maintenu. Moins docile à Marius que le Rhin ne l'a été à Drusus et à Civilis, le Rhône a quitté les *Fosses marianes*, et à peine reste-t-il à Foz quelques vestiges de ce lit factice qu'une armée entière lui avait creusé. Mais on peut remarquer, que le nouveau canal d'Arles au port de Bouc, est peu éloigné de l'emplacement des *Fosses marianes*, ce qui montre que la configuration du sol n'a pas beaucoup changé dans cette partie du Delta du Rhône.

Le Rhône l'a abandonné.

Canal d'Arles au port de Bouc, creusé dans les mêmes parages.

Le relief du sol y a peu changé.

Les monuments romains qui subsistent encore à Arles et près desquels on découvre souvent des restes précieux de l'antiquité, conduisent à la même conclusion : ils montrent que le sol n'y a subi d'autre changement que ce léger exhaussement qu'on remarque dans plusieurs autres villes. Du temps des Romains, Arles avait dans la Camargue un faubourg où se trouvait un temple de Vénus, et, ainsi que je l'ai déjà rappelé, on a retrouvé les tuyaux de plomb qui conduisaient l'eau à ce faubourg par-dessous le Rhône (voyez ci-dessus, p. 144). Le lit du Rhône à Arles n'a donc pas changé depuis l'époque romaine, et on peut conclure de là que la bifurcation du Rhône à Fourques, au-dessus d'Arles, n'a pas changé non plus. Dès cette époque, le Rhône se partageait en deux bras principaux, dont le plus

Il en est de même à Arles.

1. De Villeneuve, Statistique du département des Bouches-du-Rhône; tome III, page 16.

considérable était celui qu'on choisit pour y placer la ville d'Arles. Les longueurs de ces bras, et leurs subdivisions et ramifications, ont seules varié depuis les Romains.

La longueur des bras du Rhône et leurs ramifications ont seules varié depuis les Romains.

Les Anciens ont compté jusqu'à sept bouches du Rhône.

Il existait plusieurs versions chez les anciens relativement au nombre des bouches du Rhône. Certains auteurs lui en attribuaient sept; mais dans ce nombre ils comprenaient l'étang de Caronte, par lequel l'étang de Berre communique avec la mer, parce qu'ils croyaient faussement que l'étang de Berre recevait lui-même une partie des eaux du Rhône. Dans ce nombre sept, ils comprenaient aussi les *Fosses marianes*. D'après leur supputation il restait donc au Rhône cinq bouches naturelles; or, il est facile de retrouver ces cinq bouches aujourd'hui; ce sont : 1.° le grand Rhône qui passe à Arles; 2.° le petit Rhône; 3.° le Rhône mort; 4.° et 5.° deux anciens bras, qui se dirigeaient du côté d'Aigues-Mortes, et tombaient, l'un dans la mer, et l'autre dans l'étang de Mauguio. *Strabon*, s'appuyant sur *Polybe*, parle de deux bouches du Rhône qui comprenaient entre elles une île, et rejette l'opinion de ceux qui lui attribuaient sept bouches. Pline compte trois bouches, qu'il décrit dans les termes suivants : *Lybica apellantur duo ejus ora modica, ex his alternum hispaniense, alternum metapinum : tertium, idemque amplissimum, massilioticum. Sunt autores, et Heracleum oppidum in ostio Rhodani fuisse. Ultra fossæ ex Rhodano, C. Marii opera et nomine insignes.* Il est probable, et c'est l'opinion émise par Mauvert, que les deux petites bouches dont parle ici Pline, appartenaient

Comment on les retrouve.

Pline n'en comptait que trois.

au petit Rhône. La première et la plus occidentale (*os hispaniense*) serait le *gras neuf*, près duquel se trouve *Aigues-Mortes;* la seconde, plus orientale (*os metapinum*) serait le *gras d'Orgon.* La troisième bouche de Pline, *os massilioticum*, est le grand Rhône qui passe à Arles.

C'est près des bras du Rhône qu'il s'est produit le plus de changements.

C'est dans le voisinage de ces divers bras du Rhône, et surtout près de ceux qui sont devenus les plus petits, ou qui se sont même oblitérés totalement, qu'il s'est produit le plus de changements. Ces changements ont été quelquefois assez considérables pour rendre la contrée méconnaissable.

Saint-Gilles a cessé d'être accessible aux navires.

Ainsi, « à ne juger que par l'état où les choses sont aujourd'hui, on aurait peine à se persuader que le bourg de Saint-Gilles ait été autrefois un port considérable ; cependant l'histoire en fournit des preuves incontestables.... D'un côté, l'embouchure du petit bras du Rhône qui passe près de Saint-Gilles, offrait une entrée facile aux vaisseaux, même d'assez haut bord ; et de l'autre, le lit de ce fleuve donnait une retraite sûre à ceux qui étaient déjà entrés; on abordait ensuite sur la rive gauche, vis-à-vis du lieu de Saint-Gilles, à l'endroit qui est encore connu à présent sous le nom du *port.* Ainsi, le port de Saint-Gilles ressemblait au port de Bordeaux, au port de Rouen, et généralement à tous les ports des villes bâties près de l'embouchure des grandes rivières. Ce port fut extrêmement fréquenté pendant les 11.e et 12.e siècles. Une foule de grands personnages, notamment le pape Calixte II, y débarquèrent ou s'y embarquèrent, et Louis VII, dit

le Jeune, y vint mettre pied à terre en 1148 à son retour de Syrie.»[1]

On ne saurait douter que Saint-Gilles n'ait été dès lors éloigné de la mer; car l'emplacement d'Aigues-Mortes, qui en est plus rapproché de 22 kilomètres, et très-probablement aussi celui des Saintes-Maries, qui n'est qu'à 600 mètres de la plage, étaient alors habités depuis longtemps. Cette dernière ville a été jadis elle-même un port florissant; mais quoiqu'elle soit proprement bâtie, l'air y est si malsain, et son commerce a tellement dépéri, qu'elle est dépeuplée au point que la plupart de ses rues sont couvertes de gazons.»[2]

Aigues-Mortes est dans le même cas.

Ce changement résulte des progrès continuels que font aux alentours d'Aigues-Mortes les atterrissements du Rhône : fait très-connu, mais qu'on présente souvent sous un faux jour. On répète dans tous les éléments de géologie que *la ville d'Aigues-Mortes, autrefois connue par son port de mer, est aujourd'hui éloignée de la mer de plus d'une lieue.* Il est certain, en effet, qu'Aigues-Mortes est à plus d'une lieue de la plage et que les vaisseaux n'y peuvent aborder aujourd'hui, tandis qu'elle a été autrefois un port de mer. S. Louis s'y embarqua pour ses deux croisades; mais on a mal interprété ce fait, lorsqu'on en a conclu que, depuis l'époque de S. Louis, la mer s'était retirée depuis Aigues-Mortes jusqu'à la plage actuelle. Il y a exagération; c'est seulement

La plage n'a pas reculé; mais le canal d'Aigues-Mortes à la mer s'est oblitéré.

1. Astruc, Mémoires pour l'histoire naturelle du Languedoc, page 532.

2. Gensanne, Histoire naturelle du Languedoc, t. I.er, p. 150 (1776).

le chenal, conduisant d'Aigues-Mortes à la mer, qui s'est oblitéré.

Si la plage qui se trouve devant Aigues-Mortes s'était retirée d'une lieue depuis le temps des croisades, ses changements de position suivraient une marche bien irrégulière; car elle devrait être restée stationnaire depuis le règne de Charlemagne jusqu'à celui de S. Louis. En effet, l'emplacement d'Aigues-Mortes était déjà du domaine de la terre et susceptible de défense du temps du premier de ces monarques. Astruc, dans ses Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du Languedoc, cherchant à remonter à l'origine de cette ville, dit en propres termes que «sous l'empire de Charlemagne il n'y avait qu'une tour (*la tour de Matafère*), à l'endroit où est aujourd'hui la ville d'Aigues-Mortes.... Il s'y forma dans la suite, ajoute-t-il, un village avec un port, que S. Louis fit entourer de murailles. C'était alors le meilleur port qu'il y eût sur la Méditerranée.»[1]

Histoire du port d'Aigues-Mortes depuis Charlemagne.

«Deux motifs, suivant le même auteur, engagèrent S. Louis à établir dans le 13.e siècle un port à Aigues-Mortes : le désir de faciliter aux pèlerins et aux croisés le voyage de la Terre sainte, où l'on continuait d'aller en foule, et l'envie d'avoir un port sur la mer Méditerranée, où il n'en avait aucun; car celui de Saint Gilles appartenait au comte de Toulouse.... Pour exécuter ce dessein, S. Louis commença par acquérir, en 1248, de l'abbé et de l'abbaye de Psalmody, un endroit de la côte de Languedoc, entre le Vidourle et la brassière du Rhône, qui était

1. Astruc, *loc. cit.*, page 372.

appelé *Aquæ mortuæ* (Aigues-Mortes), à cause qu'il était entouré d'étangs, ou plutôt de marais où les eaux croupissaient. Il y avait en cet endroit, dès ce temps-là, un port déjà renommé.... S. Louis agrandit d'abord le bassin de ce port et y bâtit une tour, qu'il nomma la *tour de Constance*. Il y construisit ensuite une ville fortifiée... Bientôt le port fut très-fréquenté. S. Louis en fit usage en deux occasions importantes. La première, en 1248, quand il s'y embarqua pour l'expédition d'Égypte, et la seconde, en 1269, quand il en partit pour passer en Afrique dans son second voyage d'outre-mer.... L'empereur Charles V y débarqua en 1538, et son fils, Philippe, en 1548. On montre encore à Aigues-Mortes l'endroit où fut le port et des anneaux attachés aux murs de la ville, qui servaient à amarrer les vaisseaux.»[1]

Ces documents établissent bien positivement que sous le règne de S. Louis les vaisseaux pouvaient encore remonter jusqu'à Aigues-Mortes, comme ils remontaient, un peu plus anciennement, jusqu'à Saint-Gilles, et comme ils remontent aujourd'hui jusqu'à Arles. Néanmoins «il serait aisé de prouver que la mer était à peu près aussi éloignée de la ville d'Aigues-Mortes lors de sa construction qu'aujourd'hui, mais que les marais qui l'en séparent étaient alors des étangs navigables; enfin, que S. Louis s'est embarqué à Aigues-Mortes comme on peut le faire aujourd'hui (dans des barques), c'est-à-dire, en allant sur un canal de la ville à la mer.... Il paraît certain que le canal nommé la

1. Astruc, *loc. cit.*, page 534.

grande Robine, qui va directement d'Aigues-Mortes à la mer, n'existait pas en entier lorsque S. Louis s'y est embarqué. Il en fit construire seulement la partie qui est la plus voisine de la ville; ses galères passaient de là dans l'étang de Repousset, qui était navigable et qui communiquait avec la mer par le *Grau de la croisade* ou de la *Crousette*, situé à une assez grande distance à l'ouest du Grau actuel, nommé le Grau du Roi. Le Grau de la Crousette a subsisté longtemps, parce qu'un banc de roche, caché sous l'eau, qui formait une espèce de rade assez sûre pour de petits navires, y retardait l'ensablement. »[1]

Grau de la Croisade.

Ce fait est des plus positifs; car on donne le nom de *Grau,* dans ces contrées, à un canal qui traverse le cordon littoral. L'existence seule d'un *Grau de la croisade* qui coupe le cordon littoral d'Aigues-Mortes, comme les ports de *Lido* et de *Malomocco* coupent celui de Venise, montre clairement qu'en 1248, le cordon littoral qui se trouve en face d'Aigues-Mortes, existait déjà dans sa position actuelle. Cette conclusion est pleinement confirmée par un observateur très-exact qui a séjourné dans ces contrées, il y a peu d'années. « La mer, dit M. Delcros, ne s'est pas éloignée d'Aigues-Mortes depuis le temps des croisades; elle en est encore distante, comme alors, d'environ 6000 mètres. Mais l'ancien port de cette ville, qui était une lagune ou un *étang,* s'est considérablement ensablé depuis lors; il s'est rempli de vase, et il est devenu si peu profond,

Il traverse le cordon littoral actuel.

1. Pouget, Mémoire sur les atterrissements des côtes du Languedoc; Journal de physique, tome XIV, page 285 (1779).

que les vaisseaux ne peuvent plus, comme autrefois, arriver par cette nappe d'eau jusqu'à la ville.»[1]

L'emplacement d'Aigues-Mortes a cependant été créé par les atterrissements du Rhône.

Toutefois, s'il est démontré que du temps de S. Louis et même du temps de Charlemagne l'emplacement d'Aigues-Mortes n'était pas occupé par la mer, il n'en est pas moins évident que cet emplacement a été formé par les atterrissements du Rhône.

Depuis Cette jusqu'à la Camargue, la Méditerranée est bordée par les étangs de Maguelone, de Pezols et de Mauguio; et sans les limons accumulés du Rhône et de la Durance le prolongement de l'étang de Mauguio occuperait encore une partie considérable de la Camargue. Les marais d'Escamandre, de Larmitane et de la Souteyrane, qui sont compris dans cette plaine alluviale, semblent occuper la place de l'extension primordiale de l'étang de Mauguio, et l'emplacement d'Aigues-Mortes correspond lui-même au prolongement aujourd'hui comblé de cet étang.

Ces atterrissements ont comblé le prolongement oriental de l'étang de Mauguio.

En effet, «dans l'origine plusieurs bras du Rhône entraient dans l'étang de Mauguio par son extrémité orientale, en traversant ce qui forme aujourd'hui les étangs d'Aigues-Mortes, et y portaient immédiatement le limon, le sable et le gravier de ce fleuve.»[2] Ces alluvions, continuées par plusieurs rivières qui descendent des contre-forts des Cévennes, le Vistre, le Vidourle, etc., et par l'action de la mer qui rejette du sable dans les étangs à travers les ouvertures du cordon littoral appelées Grau,

1. Von Hoff, ouvrage cité, tome III, page 307.
2. Pouget, *loc. cit.*, page 286.

sont cause que de grandes parties des étangs sont devenues marécageuses et demeurent presque entièrement à sec pendant l'été.... Les étangs d'Aigues-Mortes, et presque tous ceux qui bordent les côtes du diocèse de Montpellier, paraissent disposés à s'assécher bientôt presque entièrement.[1]

On retrouve dans l'histoire et dans les traditions les traces du progrès de ce phénomène depuis le commencement de l'ère chrétienne et même depuis une époque beaucoup plus ancienne. L'origine de ces atterrissements remonte au delà de l'ère chrétienne.

Astruc, dans ses Mémoires pour l'histoire naturelle du Languedoc, cite un grand nombre de faits tendant à prouver que, depuis l'époque romaine, les étangs compris entre Agde et le Rhône ont diminué d'étendue, et que les terres basses et très-fertiles qui les bordent de nos jours, représentent une partie de leur ancienne surface.[2]

Il ajoute à ces faits une remarque étymologique, qui pourrait peut-être donner lieu à quelques discussions, mais qui mérite d'être rapportée. « Tous les noms latins des lieux qu'on trouve sur la route de Nismes à Béziers, sont, dit Astruc, d'origine celtique : *Ugernum, Nemausus, Ambrossus, Sostatio, Cessaro, Bitteræ.* » Ce serait « une preuve que ces lieux subsistaient déjà quand les Romains se rendirent maîtres du pays des Volces arécomiques. Au contraire, les noms de tous les lieux compris dans l'étendue du pays qui est au midi de cette route, et que je crois, dit Astruc, que la mer a autrefois couverts, sont latins : Aigues-Mortes, *Aquæ-Mortuæ;* Les noms des lieux qui y sont situés attestent les progrès qu'ils ont faits depuis cette époque.

1. Pouget, *loc. cit.*
2. Astruc, *loc. cit.*, page 372.

Franquevaux, *Franca-Vallis;* Saint-Gilles, *Fanum Sancti Egidii;* Vauvert, *Vallis viridis;* Massiliargues, *Cautillianicæ;* Melgueil, *Mercurium, Mercorium, Melgarium;* Perols, ou comme on prononçait autrefois, Pezols, *Pedolium;* Maureillan, *Maurillianum;* Vic, *Vicus;* Frontignan, *Frons stagni,* etc. : cela ne prouve-t-il pas que ces lieux n'ont été bâtis que depuis la domination des Romains, et par conséquent que ce n'est que depuis ce temps-là que le pays où ces lieux sont bâtis a été habitable ; car, quelle autre raison pourrait-on imaginer qui eût empêché les Gaulois d'habiter le pays le plus fertile du Bas-Languedoc sans contredit. »[1]

Ces atterrissements ont été produits dans des étangs.

Il faut bien remarquer qu'il ne s'agit ici que d'étangs comblés, et que ces étangs sont séparés de la mer par un cordon littoral ou *plage,* dont rien n'annonce que la position ait varié. Il n'est même pas prouvé que la plage, probablement moins ancienne, qui est en face d'Aigues-Mortes, ni celle qui se trouve près de l'embouchure du petit Rhône, aient changé sensiblement depuis 1800 ans. On trouve un indice très-remarquable de l'immobilité déjà ancienne de cette dernière dans l'existence du bourg des Saintes-Maries : on attribue en effet le nom de ce bourg à ce que trois des saintes femmes du nom de Marie, dont il est question dans le Nouveau Testament, seraient venues y débarquer. Ce serait, d'après cette tradition, que l'église du bourg leur aurait été dédiée. Si cette tradition était fondée, l'embouchure du petit Rhône n'aurait pas beaucoup changé ; car les Saintes-Maries se trouvent près de cette embou-

Antiquité du bourg des Saintes-Maries situé à l'embouchure du petit Rhône.

1. Astruc, *loc. cit.*, page 375.

chure, à moins de 600 mètres de la plage actuelle. L'existence seule de cette tradition montre clairement que, dans le pays, on n'est pas imbu de l'idée que l'embouchure du petit Rhône ait éprouvé depuis l'époque romaine un déplacement considérable. D'autres circonstances sembleraient d'ailleurs concourir à prouver que ce lieu était déjà habité à l'époque de la domination romaine.

On cite aux Saintes-Maries un lion antique qui regarde la mer [1]. On s'est même servi de ce fait comme d'un argument pour prouver que la grande saillie de la Méditerranée qui borde les côtes du Languedoc doit être appelée le *golfe du lion*, et non le *golfe de Lyon*. Si l'argument est fondé, le village des Saintes-Maries doit avoir existé dans son emplacement actuel dès le temps des Romains.

Cette partie du rivage est restée fixe depuis une longue suite de siècles.

Il ne serait pas impossible que le bourg des Saintes-Maries occupât en avant d'Aigues-Mortes une position aussi invariable que celles de *Lido* et de *Malamocco* en avant de Venise; cependant il me paraît plus probable que cette partie des rivages de la Camargue n'a acquis la fixité dont elle paraît jouir actuellement, que depuis que le bras oriental du Rhône est devenu le principal.

Les bras occidentaux du Rhône étaient les plus anciens.

Tout annonce que le Rhône coulait originairement près du pied des collines qui bordent la Camargue à l'ouest. La pente naturelle de la Crau, dont la surface a reçu tous ses dépôts, le rejetait naturellement de ce côté: il devait tomber dans la partie actuellement comblée de l'étang de Mauguio, qui est représentée par le territoire d'Aigues-Mortes.

1. Lortet, Géographie physique du bassin du Rhône.

Le petit Rhône n'allonge plus son lit.

Sans chercher à débrouiller le dédale d'anciens co du Rhône aujourd'hui oblitérés que présente c partie de la Camargue, on peut conjecturer q parmi les bras encore distincts de ce fleuve, le pl ancien est le Rhône mort, que le petit Rhône l succédé, et que celui-ci a cédé plus tard la préé nence au bras oriental, qui est aujourd'hui le pr cipal.

Le bras oriental du Rhône est aujourd'hui le principal.

Énergie avec laquelle le grand Rhône allonge son lit.

Ce dernier a éprouvé, dans les siècles qui vienn de s'écouler, un changement analogue à celui q a remplacé jadis l'embouchure du Rhône mort p celle du petit Rhône; mais il allonge aujourd' son lit avec une énergie que le petit Rhône a perd depuis longtemps.

Astruc, dans son Histoire naturelle du Lang doc, a fait beaucoup de recherches sur la mani dont l'embouchure du Rhône a avancé. Remo tant jusqu'à l'ère chrétienne, il a cru pouvoir ca culer, qu'en 1800 ans, les bras du Rhône se so allongés de trois lieues. Il y a toutefois, ainsi qu nous l'avons vu tout à l'heure, des traditions qui n sont pas favorables à ce résultat. Les calculs d'Astru à cet égard paraissent fort exagérés d'après les do cuments même cités par lui, et d'après ceux que citent aussi Gensanne, l'abbé Soulavie et Darluc.

Tours bâties à son embouchure.

Les témoins les plus irrécusables de l'allongement du lit du Rhône sont *les tours* qu'on avait élevées sur ses rives soit comme moyen de défense contre les Sarrasins, soit pour servir de guides aux navigateurs. « Il semble en effet que l'accroissement successif de ces côtes soit marqué à l'œil, par l'ordre des tours bâties le long du Rhône. Strabon nous

apprend que les Marseillais, devenus maîtres de l'embouchure de cette rivière par la concession de Marius, y construisirent des tours pour servir de signaux, et pour en faciliter l'entrée et la sortie. Si le Rhône avait toujours eu la même embouchure, on n'aurait eu besoin d'y construire qu'une seule tour, ou du moins n'aurait-il fallu en construire que deux, une de chaque côté de cette embouchure. Cependant on en compte aujourd'hui quatre ou cinq de chaque côté, rangées de distance en distance le long du fleuve : du côté gauche la tour de *Mauleget*, la tour de *Saint-Arcier*, la tour de *Parade*, la tour de *Belvare*; et du côté droit la tour de *Mandoni*, la tour de *Vassale*, la tour du *Grau*, la tour du *Timpan*, bâtie en 1614, et la tour de *Saint-Genies*, bâtie en 1656[1]. C'est donc une preuve que le lit du Rhône s'est prolongé peu à peu dans la mer par des atterrissements successifs; que les anciennes tours se sont trouvées par-là trop éloignées de l'embouchure pour pouvoir servir à l'usage pour lequel on les avait bâties; et qu'on a été obligé d'en construire de nouvelles de temps en temps et de distance en distance."[2]

Multipliées au fur et à mesure de l'allongement du lit.

Ces tours, dont plusieurs n'ont sans doute été bâties que pour former sur les bords du fleuve une seconde ou une troisième ligne de défense, commencent un peu au-dessous d'Arles et s'étendent jusqu'aux embouchures de l'ancien et du nouveau lit du fleuve : elles s'élèvent à peu de distance de ses rives, au milieu de campagnes qui sont les plus fertiles de

1. Bouche, Chorographie et histoire de Provence; tom. I.er, p. 23.
2. Astruc, *loc. cit.*, page 374.

tout le Delta, parce qu'elles sont engraissées par le limon du fleuve, et que ce limon les ayant exhaussées, elles sont moins marécageuses que le terrain situé à une certaine distance. A cause des tours qui s'y élèvent, ces campagnes elles-mêmes sont appelées *les tours*.

Le mécanisme par lequel le Rhône a exhaussé ces terrains, est celui par lequel tous les fleuves près de leurs embouchures élèvent leur fond et leurs berges, au point d'être forcés à la longue de changer de lit.

Formation récente de l'embouchure actuelle du grand Rhône.

Le grand Rhône, au-dessous d'Arles, a éprouvé le sort commun : son lit ancien, appelé canal du Japon, s'étant trouvé trop élevé, le courant s'est jeté vers l'est et a produit l'embouchure actuelle, qui est séparée de l'ancienne par l'île du Plan du Bourg. Dans ce nouveau lit il donne lieu aux mêmes phénomènes que dans l'ancien, et il en a graduellement allongé les berges. On y a construit des tours comme on avait fait le long du vieux Rhône; la *tour de Tigneaux* ou de *Saint-Louis*, qui signale encore aux navires l'entrée actuelle du Rhône, a été bâtie en 1737.

Près de son embouchure dans la mer, le grand Rhône actuel se divise en plusieurs branches, dont l'une finira sans doute par prédominer. Elles sont séparées par des îles basses formées de sable, couvertes en partie de végétation, et auxquelles on donne le nom de *teys*. On distingue le *tey de Bericle*, le *tey de la Bigue*, le *tey de Gloria*. Par la formation de ces *teys*, le Rhône s'est avancé d'une lieue dans l'espace de 100 ans; car la tour de Saint-Louis se trouvait en 1737 à 2 kilomètres de la mer, et elle

en est aujourd'hui à 7 kil. Ainsi, la barre du Rhône a reculé en un siècle de 5 kil., ce qui ferait, en moyenne, 50 mètres par an, si la marche des atterrissements pouvait avoir été uniforme depuis un siècle près de l'embouchure actuelle, qui, d'origine artificielle comme celle du Pô, ne remonte qu'au commencement du siècle dernier. Ses progrès rapides.

En 1706, dans le but de dessaler les étangs, on creusa le *canal des Lônes*, qui fut, en 1711, envahi par le fleuve. En 1722, à la suite de quelques autres travaux, le courant s'y établit définitivement, et les barques de mer sur lest commencèrent à y passer. Elles y passèrent à pleine charge en 1724, et dès 1725 la ville d'Arles se plaignit du mauvais état de la nouvelle embouchure, où s'étaient formés des *teys* d'une très-vaste étendue[1]. L'ingénieur Fabre écrivait en 1796 : « Il y a environ 85 ans (c'est-à-dire vers 1711), le fleuve abandonna son ancien lit appelé *Bras de fer* (le canal du Japon), pour se jeter dans le canal des Lônes, où il s'est maintenu jusqu'à aujourd'hui. A cette époque, on construisit à son embouchure même la tour de Saint-Louis. Or, depuis lors, cette embouchure s'est avancée dans la mer jusqu'à environ 3000 toises (5847 mètres) au delà de cette tour, qui peut constamment servir de terme de comparaison pour connaître les progrès des atterrissements sur cette plage[2]. » Un allongement de 5847 m. en 85 ans, donne une moyenne annuelle de 68,^{m}78, qui surpasse en effet celle de 50 m., trouvée pour un

1. A. Peyret-Lallier, Étude sur le port d'Arles, p. 19 : *tey* ou *tay*, en vieux français, signifie boue, fange (*Bullet., Dictionn. celt.*).

2. Fabre, Essai sur la théorie des torrents et des rivières, p. 8.

*

siècle entier, compté à partir de 1737, et qui se rapproche singulièrement de celle de 70 m. que M. de Prony a calculée pour le Pô pendant les deux derniers siècles. Si on avait des données exactes pou une époque plus courte encore, comptée à parti de 1711, on trouverait probablement un allongement encore plus rapide.

L'allongement de l'ancien lit du Rhône a été trè rapide aussi dans les années qui ont précédé ce où le fleuve l'a délaissé; car la tour de Saint-Geni bâtie en 1656 sur les bords du vieux Rhône, à 12 kil à l'ouest de l'emplacement de la tour de Saint-Louis, se trouve elle-même à 5 kil. de la plage. Mais un pareil accroissement n'a lieu généralement qu'en un point à la fois; ce point se déplace, et aussitôt que le cours du Rhône se fixe dans une nouvelle passe, la mer commence à ronger l'embouchure abandonnée. M. Peyret-Lallier évalue les atterrissements annuels du fleuve, déduction faite des terrains dévorés par la mer, à 20 hect. Si ce taux n'avait jamais varié, le Delta du Rhône, dont la surface est de 130,000 hect aurait été formé, ajoute M. Peyret-Lallier, en 6500 ar

uestions ce sujet. Quelle étendue des rissements Rhône? le étendue conquise r la mer ment dite? résoudre la re question,

Mais il est probable que le taux de l'allongeme du lit du Rhône a subi de nombreuses variatio d'autant plus qu'il n'a pas toujours versé directem ses eaux et ses sédiments dans la mer. Il y a mêm deux questions bien distinctes à résoudre. 1.° Q est l'étendue de la surface formée par les atter ments du Rhône? 2.° Quelle est la partie de cet e qui, auparavant, appartenait à la Crau ou était pée par les eaux des étangs, et quelle est celle qu réellement conquise sur la mer? Pour résoud

dernière question, il faudrait pouvoir restaurer le *cordon littoral*, la ligne des *plages* (les *lidi* du Languedoc) dans son état originaire.

Il faudrait restaurer le *cordon littor originaire*.

Conjectures à ce sujet.

Les *plages* qui séparent de la mer les étangs de Maguelone, de Pérols et de Mauguio, paraissent se trouver de nos jours dans leur position originaire : elles sont fort étroites; elles ne pourraient guère l'être plus qu'elles ne le sont; par conséquent la mer ne s'est pas retirée sensiblement depuis qu'elles existent. On pourrait supposer que la mer, envahissant la côte, les pousse graduellement devant elle; mais rien n'indique dans ces parages un changement du niveau relatif entre la terre et la mer.

Ces plages forment une ligne si régulière depuis Cette jusqu'à l'extrémité orientale de l'étang de Mauguio, que rien ne paraît plus naturel que de prolonger cette ligne des plages jusqu'à Foz à travers le Delta du Rhône, et de regarder comme conquise sur la mer toute la partie de la Camargue qui se trouve en dehors de ce tracé. Cela semblerait d'autant plus naturel, qu'on remarque sur la ligne idéale dont je viens de parler certaines apparences qu'on pourrait regarder comme des traces du cordon littoral originaire.

La partie de la Camargue comprise entre l'étang de Mauguio et l'embouchure du petit Rhône, se distingue par la prédominance des sables. A partir de la Motte Pontalès, à l'extrémité orientale de l'étang de Mauguio, une large zone sablonneuse s'étend vers les marais de Larmitane, en passant au nord d'Aigues-Mortes. Ces sables, çà et là couverts de dunes, forment au nord-est d'Aigues-Mortes le sol

Traces probables du cordon littoral originaire près d'Aigues-Mortes et dans l'étang de Valcarès.

du bois des pins, appelé Pinède de l'abbé. La plage sablonneuse qui sépare l'étang de Mauguio de la mer, se recourbe aujourd'hui avec ses dunes vers le sud-est, et s'étend jusqu'à l'embouchure du Rhône mort. Tout le terrain du territoire d'Aigues-Mortes ne consiste qu'en marais et en sables mouvants, qui enterrent souvent le peu de récoltes qui s'y trouvent. Entre le Rhône mort et le petit Rhône s'étend la forêt de pins dite forêt *de Pinède,* qui croît sur des sables. Il est probable que ces sables ont été rejetés successivement par la mer.

Peut-être pourrait-on croire que les amas de sable qui, de la plage de l'étang de Mauguio, s'étendent vers Aigues-Mortes, marquent l'ancien prolongement de cette plage. Peut-être aussi les terrains moins bas qui bordent au midi les marais de Larmitane, et certaines langues de terre ou certains cordons d'îlots qui traversent de l'est à l'ouest l'étang de Valcarès, en indiquent-ils l'ancienne extension. Cela est d'autant plus probable que les directions prolongées de ces lignes passent à peu près, d'une part, à la bifurcation du Petit Rhône et du Rhône mort, et de l'autre à celle du grand Rhône et du canal du Japon. Or, ces bifurcations rappellent naturellement celles que les divers bras du Pô éprouvent en traversant l'ancienne ligne des *lidi.* L'inflexion prononcée que le canal du Japon présente immédiatement après le point de diramation du grand Rhône, ne saurait être mieux expliquée qu'en admettant qu'elle a été déterminée par le cordon littoral originaire.

Il aboutissait nécessairement à Foz.

De là la ligne primitive des plages se serait rattachée au monticule calcaire du moulin de la Roque

à celui de Foz. Le village de Foz, bâti, suivant elques traditions, par les Phocéens, est situé sur monticule de mollasse tertiaire qui s'élève au bord s terrains bas, d'où il résulte que le rivage ne peut tre déplacé dans cette partie que d'une petite quané. On a donc là un point fixe et bien déterminé de position du cordon littoral originaire, elle ne préite d'incertitude que dans la partie intermédiaire tre les plages de l'étang de Maugio et celle de Foz. Incertitudes sur les parties intermédiaires.

L'incertitude provient surtout de ce qu'il n'est s évident que dans cet intervalle le cordon littoral dû présenter dans l'origine un contour aussi nple que celui de la ligne que nous avons indiée d'abord. En effet, il n'est pas prouvé que le olongement de la Crau, qui forme, suivant toute parence, le *substratum* de la Camargue, ne fut s interrompu par quelques proéminences qui auient fait naître dès l'origine des cordons littoraux ialogues à ceux qui ont relié le mont Circéo à la rre ferme. Pitons rocheux qui peuvent avoir compliqué la forme du cordon littora originaire.

Nous avons déjà cité le monticule calcaire de la oque et la roche mentionnée par Pouget à l'entrée Grau de la Crousette (p. 387). D'autres pitons cheux pourraient se trouver ensevelis aujourd'hui us les sables de la forêt de Pinède. Présomption de l'existence de sources salées et de dislocation du sol.

Il existe des eaux minérales à Balaruc, près Cette. Il y en a aussi à Aix. La Camargue se ouve entre ces deux points, et il n'y aurait rien étonnant à ce qu'il s'y trouvât des sources salées ii expliqueraient la grande salure de son sol sans courir à l'influence de la mer. Or les sources lées, comme toutes les sources minérales, se mon-

trent surtout dans les endroits où le sol est acciden
si leur présence était ici bien constatée, elle ne pou
rait que rendre plus probable l'existence de pito
rocheux plus ou moins multipliés, et de pareils p
tons auraient occasionné des complications dans
forme du cordon littoral originaire, dont la lign
simple que nous avons tracée ne peut être considér
que comme une forme approximative et comme l
position limite du côté de la terre.

En somme, e Delta paraît avoir empiété 10,000 mètres sur la mer.

Excepté vers l'embouchure actuelle du gran
Rhône, cette ligne limite est toujours à moins d
10,000 mètres de la plage actuelle; c'est seulemen
de la largeur de cette zone que le Delta du Rhôn
peut avoir réellement empiété sur la Méditerranée
après avoir comblé les étangs dans lesquels il a d
se jeter originairement.

A l'embouchure actuelle du grand Rhône c
empiétement s'opère de nos jours avec une gran
rapidité, et il est possible qu'à une époque ancie
et antérieure aux temps historiques il ait été
rapide aussi vers l'embouchure du petit Rhône
Rhône mort et des bras plus occidentaux en
qui, ainsi que je l'ai indiqué précédemment, s
le plus ancien thalweg de la vallée et par
marquer la direction originaire du fleuve. C
même remarquer sur la carte qu'à l'ouest
Rhône, de même qu'à l'ouest du grand Rh
côte forme une saillie suivie d'une anse p
ces deux saillies sont d'autant plus distincte
sont séparées l'une de l'autre par le vaste
Valcarès, dont les deux rives ne sont lié
des langues de terre et des cordons

étroits, et qui n'est réellement qu'une portion d'anciens étangs plus étendus et de la mer elle-même, que les deux bras du Rhône et leurs diramations successives ont entourée de leurs atterrissements. Il me paraît bien probable que ces deux saillies ont la même origine, et que l'une a été l'ouvrage du Rhône occidental, comme l'autre est celui du Rhône oriental ou grand Rhône qui, de nos jours, l'accroît presque à vue d'œil. Chacun des deux bras du Rhône tombe aujourd'hui dans la mer à l'extrémité orientale de la saillie qui lui correspond, après en avoir parcouru le front de l'ouest à l'est dans les déplacements successifs de son embouchure. Cette disposition est très-remarquable, et la manière simple dont elle s'explique, confirme l'origine que nous attribuons à chacune des deux saillies de la côte.

Saillies de la côte actuel en rapport avec les deux br du Rhône.

La position de l'une et de l'autre de ces saillies, par rapport au bras correspondant du Rhône, et le mouvement progressif de chacun de ceux-ci vers l'est, tiennent, en principe, à une cause qui agit sur toutes les côtes du Languedoc d'une manière très-générale, et qui y transporte, dans la direction de l'est à l'ouest, les sédiments que les rivières y amènent, et particulièrement ceux du Rhône.

Leur position est également en rapport avec les deux br du Rhône.

En effet, les sables que la mer agite à l'embouchure du Rhône et dont elle lui forme une barre changeante, n'y restent pas en permanence; la mer les entraîne et les dépose ailleurs. Ils jouent un grand rôle dans les atterrissements que la mer tend sans cesse à former sur les côtes du Languedoc et du Roussillon.

Résumé de l'histoire des atterrissements du Rhône.

Sur *six* ports dans le *golfe de Lyon,* les sables charriés par les rivières en ont mis cinq à peu près hors de service depuis l'époque romaine : Saint-Gilles, Aigues-Mortes, Maguelone, Cette, Agde, Narbonne[1]. Le port d'Agde a été comblé à deux reprises; celui de Cette tend chaque jour à l'être, et on ne le maintient qu'avec peine. La question de savoir quels seraient les ouvrages les plus propres à le défendre, est encore un problème.

Les sables du Rhône produisent des atterrissements sur les côtes du Languedoc.

Les côtes de Provence en sont exemptes.

Et ce n'est pas des atterrissements que le Rhône forme en Languedoc qu'on doit être surpris, dit Astruc, mais de ce qu'il n'en forme que dans le Languedoc, et que la Provence, qui en est à la même distance, en soit entièrement exempte. Marseille a été fondée environ 600 ans avant J. C., et le port de Marseille est aujourd'hui tel qu'il était il y a plus de 2000 ans, quand les Phocéens s'y établirent : on reconnaît encore l'étang de Berre dans la description que Strabon en fait sous le nom de *Stagnum astromela;* enfin le village de *Foz,* bâti à l'embouchure de la *fosse mariane,* c'est-à-dire, du canal que Marius avait fait creuser, est encore sur le bord de la mer, ou n'en est éloigné que d'un quart de lieue, quoique fort près du Rhône.

Une différence si marquée entre deux provinces, également contiguës au Rhône, ne peut venir que du courant qui règne sur les côtes de Provence et de Languedoc, et qui va du levant au couchant.[2]

Mais l'étude complète des effets de ce courant sor-

1. L'abbé Soulavie, Histoire naturelle de la France méridionale; tome V, page 120.

2. Astruc, *loc. cit.,* page 379.

trait de notre sujet actuel. Il nous suffit d'avoir constaté que le Rhône, après avoir comblé des étangs ou lagunes formés par un cordon littoral, a dépassé, comme le Pô, cette barrière et a fait irruption dans la mer, où il étend aujourd'hui ses alluvions.

Surface maximum de l'espace envahi par le Rhône dans la mer.

Il nous reste, il est vrai, des incertitudes sur l'espace plus ou moins grand qu'il y a envahi, mais il est facile d'assigner un maximum à cet espace. La distance du monticule de la Roque à l'extrémité orientale de l'étang de Mauguio est en ligne droite de 35,000 mètres. La bande de terrain conquise par le Rhône sur la mer a donc, au plus, 65 kilom. de longueur; et comme sa largeur ne dépasse 10 kilom. qu'en un seul point, et que des anses ou des étangs en occupent à peu près la moitié, sa surface réelle est *au maximum* d'environ 325 kilom. carrés. C'est une superficie beaucoup plus petite que la plaine de la Crau, à peu près double de l'étang de Berre, et égale aux deux tiers de notre petit département de la Seine, qui est de 485 kilom. carrés.

Petitesse des conquêtes faites par les alluvions des fleuves dans la partie occidentale de la Méditerranée.

Sauf quelques ensablements encore trop peu étudiés aux embouchures de l'Èbre, du Var et du Tibre, c'est à cela que se réduisent à peu près les conquêtes faites par les alluvions des fleuves dans la partie occidentale de la Méditerranée.

Bouches du Danube.

Delta du Danube analogue à ceux du Rhône et du Pô.

Le Danube présente, comme le Pô et le Rhône, un vaste Delta. Il se ramifie un peu au-dessus d'Ismaïl, et il se jette dans la mer Noire par quatre bouches, qui sont, en allant du sud au nord, la bouche de Portitza, la bouche de Saint-Georges, la

bouche de Soulina et la bouche de Kilia. Les deux bouches extrêmes sont éloignées l'une de l'autre de 87 kilomètres, intervalle presque double de celui qui sépare les deux bras du Rhône, et plus grand aussi que celui qu'embrassent les bouches du Pô et de l'Adige. La bouche méridionale du Danube traverse une grande lagune (lac Ramsin). Entre la bouche septentrionale et l'embouchure du Dniester se trouvent plusieurs étangs ou salines, séparés de la mer par des levées de sable ou de galets que les flots ont entassées. De pareilles levées existent en grand nombre sur les côtes nord-ouest de la mer Noire et sur celles de la mer d'Azof. M. Hommaire de Hell les a figurées avec soin sur sa belle carte géologique de la Russie méridionale. Une des plus remarquables est celle que les Grecs nommaient la *course d'Achille* : elle s'avance à l'ouest de l'isthme de Pérécop sur une longueur de 120 kilomètres.

Étangs et cordons littoraux sur ses bords.

Polybe donnait déjà de la formation de ces cordons littoraux une explication semblable, quant au fond, à celle que Pouget a donnée dans le Journal de physique de la formation des *plages* du Languedoc.[1]

Comment Polybe a expliqué la formation de ces derniers.

Le Delta du Danube, comparé à ceux du Rhône et du Pô, présente une superficie plus grande et à peu près proportionnée à l'étendue de son bassin. Il rappelle les deux autres par une foule de circonstances, et ces différents Deltas ressemblent à plusieurs égards au sol de la Hollande; ainsi on peut dire qu'en arrivant à la mer, tous les grands fleuves qui lui portent les eaux des Alpes, produisent des effets analogues.

1. Polybe, *lib.* IV, *cap.* 41, cité par M. de Hoff; t. I.er, p. 227.

Bouches du Nil.

Je vais passer à un fleuve d'une origine toute différente, mais qui n'en est pas moins intéressant sous une foule de rapports, et particulièrement par son delta : je veux parler du *Nil*, qui est un des fleuves les plus remarquables par les matières terreuses qu'il dépose. Son nom en est même dérivé : *Nilus*, en grec Νεῖλος vient de νέαν ἰλὺν, qui signifie *nouveau limon*, limon déposé nouvellement. Le nom de *Nil* signifie *nouvelle boue*.

Tout le monde sait qu'en effet le Nil se répand tous les ans sur la surface de l'Égypte, fertilise le sol, y produit même le sol. La terre végétale s'y accroît tous les ans par un nouveau dépôt de limon. Les prêtres égyptiens faisaient allusion à cette circonstance, en disant que le sol de l'Égypte était un *présent du Nil*. Le sol de l'Égypte est un *présent du Nil*.

Cela doit s'entendre uniquement de la vallée du Nil, qui est à la vérité la seule partie cultivable et habitable de l'Égypte. De part et d'autre se trouvent des montagnes stériles, et les sables du désert viennent jusqu'à ces montagnes et jusqu'aux bords de la terre cultivable, sur laquelle ils empiètent même fréquemment. Structure générale de l'Égypte.

Le Nil prend naissance dans des contrées encore inconnues. Avant d'atteindre l'Égypte, il traverse l'Abyssinie et la Nubie. L'Égypte proprement dite commence à *Phylæ*, un peu au-dessus d'Asuan (l'ancienne *Syène*). Le Nil s'y précipite par des cataractes, qui sont devenues célèbres dès la plus haute antiquité. Le fond plat de la vallée n'a qu'une largeur peu considérable, qui est rarement de plus de 20

Delta du Nil. kilomètres, et quelquefois seulement de moitié. Ce n'est que dans sa partie inférieure que la vallée s'élargit considérablement, et cette partie inférieure est ce qu'on appelle le *Delta*. Ce nom de delta, qu'on emploie maintenant d'une manière générale pour désigner les terrains plats compris entre les ramifications que présentent certaines rivières vers leurs embouchures, a même été imaginé pour l'Égypte, en raison de la forme triangulaire de cette partie, qui rappelle celle de la lettre grecque Δ.

Beaucoup de savants ont visité l'Égypte. Expédition française, en 1798. L'Égypte a été visitée, depuis un demi-siècle surtout, par un grand nombre de savants, parmi lesquels figurent au premier rang ceux qui firent partie de l'expédition française en 1798, et dans les trois années suivantes. La *Description de l'Égypte*, résultat de cette grande entreprise, renferme une foule d'observations importantes relatives à la géologie. Ces observations ont été faites sous l'inspiration de Dolomieu, qui cependant n'y prit part que pendant peu de temps.

Influence de Dolomieu sur la partie géologique de ses travaux. Cet illustre géologue s'était occupé antérieurement de recherches sur le sol de l'Égypte, et en avait fait l'objet d'un mémoire très-étendu qui avait paru dans le Journal de physique en 1793, à une époque où sans doute il ne s'attendait pas à mettre jamais le pied sur la terre des Pharaons; mais lorsqu'au printemps de l'année 1798 il fut question dans Paris d'une entreprise, qui serait à la fois militaire et scientifique, Dolomieu s'y associa. Il ne put refuser de se joindre aux autres savants qui devaient accompagner, dans son expédition mystérieuse, le général Bonaparte, leur confrère à l'Institut. Il s'em-

barqua à Toulon avec toute l'armée expéditionnaire au mois de mai 1798; et lorsqu'on apprit qu'on se dirigeait vers l'Égypte, il en manifesta d'abord une grande satisfaction; mais la campagne ayant débuté par la prise de Malte, Dolomieu craignit de passer pour un traître dans l'ordre de Malte, dont il était commandeur. Dès lors il cessa moralement d'appartenir à l'expédition, et il ne songea qu'à s'en séparer le plus tôt possible : ce qu'il fit, en effet, peu de temps après qu'on eut pris possession de l'Égypte. Mais les ingénieurs des mines attachés à l'entreprise, MM. Cordier et de Rozière, étaient ses élèves, et les jeunes ingénieurs des ponts et chaussées qui accompagnaient également l'armée d'Orient, MM. Girard, Jollois, du Bois-Aymé, Fèvre, Lancret et de Chabrol de Volvic, n'étaient pas moins fiers de suivre les leçons d'un tel maître. Il est donc naturel que les résultats géologiques obtenus par nos savants pendant l'expédition de l'armée française en Égypte, soient empreints dans leur ensemble du génie de Dolomieu. Toutefois les lieutenants, pleins de zèle et de savoir, auxquels il abandonna ainsi à l'improviste la tâche dont il s'était chargé, ont donné une garantie de leur consciencieuse exactitude, en rectifiant sur plusieurs points essentiels les idées premières du maître, telles qu'il les avait consignées dans son Mémoire de 1793.

Depuis l'expédition française, plusieurs des savants qui ont visité l'Égypte, ont encore enrichi la science d'observations importantes pour la géologie : j'aurai surtout à vous citer celles de MM. Wilkinson et Russegger, et de M. le duc de Raguse. Voyages postérieurs.

Mais, pour vous donner une idée claire et précise des parties de l'Égypte qui doivent fixer notre attention, je n'aurai besoin que d'extraire quelques passages du Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française. Voici d'abord, quant à la forme générale de la basse Égypte, comment s'exprime un des savants qui ont commencé leur carrière sous les drapeaux de l'armée d'Orient, M. Girard, que l'Académie des sciences a compté longtemps parmi ses membres, et qui, depuis son retour d'Égypte, a établi près de Paris le canal de l'Ourcq, à l'occasion duquel il a enrichi l'hydraulique de plusieurs remarques intéressantes.

La vallée du Nil, depuis les cataractes jusqu'au Caire, est bordée, à l'ouest et à l'est, par deux chaînes de montagnes, la chaîne libyque et la chaîne arabique. Près du Caire, « au delà du cap où sont bâties les grandes pyramides, la montagne libyque qui, jusque là, se dirige du midi au nord, se retourne au nord-ouest, tandis que la montagne arabique, désignée sous le nom de *Moqattam,* c'est-à-dire montagne *taillée,* à cause sans doute de la face abrupte qu'elle présente presque partout, se tourne carrément à l'est.... Ainsi les directions de ces deux chaînes de montagnes forment entre elles, à partir de ce point, un angle d'environ 140 degrés et comprennent une vaste baie, au milieu de laquelle s'étend jusqu'à la mer Méditerranée la portion de l'Égypte appelée le *Delta*.... Le terrain susceptible de culture n'atteint pas le pied des montagnes qui ont été les côtes primitives de cette baie : il en est

Configuration de la Basse-Égypte.

séparé, à l'ouest, par un espace inculte que les sables, transportés de l'intérieur de la Libye, ont envahi depuis longtemps et continuent d'envahir, et, à l'est, par une partie de la plaine déserte de l'isthme de Suez.»[1]

Le désert entre le Delta et l'isthme de Suez n'est pas formé de sable mouvant, mais présente un terrain solide, composé de sable et de gravier[2]. C'est la partie de l'Égypte qui a le plus de rapport avec la Crau.

Cette vaste plaine de la basse Égypte, dont la figure 2, pl. VIII, représente la configuration générale actuelle, a, dans son ensemble, une forme à peu près triangulaire : elle est « traversée, du midi au nord par le Nil, qui se bifurque vers le sommet du triangle : elle est sillonnée dans tous les sens par une multitude de canaux, qui tous tirent leur origine du fleuve; et leurs eaux, avant de se rendre à la mer, entretiennent derrière *la crête sablonneuse qui en forme la côte* (le cordon littoral), une suite de lacs et de marécages.»[3] On peut le voir avec tous les détails désirables sur les cartes magnifiques levées en Égypte pendant l'expédition de l'armée française, et publiées au dépôt de la guerre par le colonel Jacquotin.

1. Girard, Observations sur la vallée d'Égypte et sur l'exhaussement séculaire du sol qui la recouvre. — Description de l'Égypte, ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française. — Histoire naturelle; tome II, page 547.

2. Russegger, *Reisen in Europa, Asien und Afrika*; tome I.er, page 261.

3. Girard, *loc. cit.*, page 350.

Étendue des terres cultivables.

L'étendue des terres cultivables de la basse Égypte embrasse dans son contour une superficie d'environ 400 milles carrés d'Allemagne (22,194 kil. carrés)[1], c'est-à-dire égale à environ trente fois celle de l'île de la Camargue, ou vingt fois celle de la totalité des atterrissements des Bouches-du-Rhône ; c'est une superficie presque égale à celle des cinq départements, de la Seine, de Seine-et-Oise, de la Seine-Inférieure, de l'Eure et du Calvados, qui touchent à la Seine entre Paris et la mer : cette dernière est, en effet, de 23,490 kil. carrés[2]. Celle des terres cultivables de la basse Égypte est considérablement diminuée par les lagunes. Les cinq principales, appelées lacs *Maréotis*, *Madieh*, d'*Edkou*, *Bourlos* et *Menzaleh*, occupent à elles seules une surface de 4300 kil. carrés, c'est-à-dire, égale à 1/5 de celle de la région cultivable, et à celle de beaucoup de nos départements.

Étendue des lagunes.

Circonscription du Delta proprement dit.

Le *Delta* proprement dit est la partie de cette plaine située entre les bras du Nil. Compris autrefois entre les branches canopique et pélusiaque, le Delta avait alors plus d'étendue qu'aujourd'hui.... « Mais ces deux anciennes branches ne subsistent plus, ou du moins n'ont plus assez d'importance pour être comptées parmi les bras principaux du Nil. Le Delta se trouve resserré aujourd'hui entre les branches de Rosette et de Damiette, jadis connues sous les noms de *bolbitine* et de *phatnitique*. Non-seulement celles-ci n'étaient pas autrefois les branches extérieures, mais elles passaient pour

Il est moins étendu qu'autrefois.

1. J. Russegger, *Reisen in Europa, Asien und Afrika*; tome I.er, page 261.

2. Annuaire du bureau des longitudes pour 1844, page 170.

être bien moins anciennes. La branche bolbitine, d'après le témoignage formel d'Hérodote, n'était dans l'origine qu'un canal creusé de main d'homme. » Sous ce rapport elle ressemble à l'*Yssèl* et au *Leck*, devenus aujourd'hui deux des bras principaux du Rhin. Le Nil n'a p que deux bran principales

Les anciens comptaient sept bouches du Nil, et par conséquent sept branches principales; c'étaient en allant d'occident en orient : Il en avait autrefois.

« 1.° La *branche canopique*, qui aboutissait vers l'ancienne ville de Canope (près d'Aboukir);

« 2.° La *branche bolbitine*, aujourd'hui la plus considérable et qui aboutit à la ville de Rosette;

« 3.° La *branche sebennytique*, qui se rend à la mer en traversant le lac Bourlos;

« 4.° La *branche phatnitique, bucolique* ou *phohnétique*, aujourd'hui branche de Damiette;

« 5.° La *branche mendésienne*, qui tirait son nom de l'ancienne ville de Mendès, et dont la bouche paraît être aujourd'hui celle de *Dybeh;*

« 6.° La *branche tanitique* ou *saïdienne*, dont l'embouchure porte aujourd'hui le nom d'*omm-fareg;*

« 7.° La *branche pélusiaque* ou *bubastique*, la plus orientale de toutes. »[1]

Mais, quoique ces sept branches aient bien réellement existé, et que les géographes modernes soient même parvenus à en retrouver les bouches, qui subsistent encore pour la plupart, il paraît cependant qu'il n'y avait dans l'antiquité que trois bouches principales, la bouche *canopique*, la bouche *pelusiaque* et la bouche *sebennytique :* cette der- Trois d'entre prédominaie

1. De Rozière, De la constitution physique de l'Égypte. — Description de l'Égypte : Histoire naturelle; tome II, page 435.

nière, qui occupait le milieu du Delta, était alors une des plus considérables.

Ce sont deux autres branches originairement artificielles qui sont devenues les principales.

Aujourd'hui cette bouche est presque oblitérée, et les branches canopique et pélusiaque le sont plus encore : le Nil n'a conservé, comme le Rhône, que deux bouches principales, savoir, la bouche de Rosette, qui répond à l'ancienne bouche *bolbitine,* et la bouche de Damiette, qui représente l'ancienne bouche *phohnétique.*

Changements éprouvés par le Delta.

Le Delta des anciens, compris entre les deux branches extrêmes, canopique et pélusiaque, « commençait au point de diramation de ces deux branches; point qui n'a pas varié sensiblement depuis la plus haute antiquité. »[1]

Cette position du sommet du Delta sous la parallèle de Héliopolis, est une de celles, dit M. de Rozière, sur lesquelles nous avons le plus grand nombre de renseignements concordants et bien positifs. La situation de l'ancienne ville d'Héliopolis, relativement au delta du Nil, correspond à peu près à celle de la ville d'Arles relativement au delta du Rhône, tandis que la situation du Caire répond à peu près à celle de Beaucaire : la situation de Damer, en Nubie, au confluent du Nil et de l'Atbara, peut être comparée à celle de Lyon au confluent du Rhône et de la Saône.

Déplacement de son sommet.

« Le village de Damanhour doit marquer, dit M. de Rozière, le point précis de l'ancien sommet du Delta. Ce nom de *Damanhour*, en ancien égyptien, signifie *terre d'Horus*, et semble appuyer cette opinion. Au rapport d'Hérodote, le Delta tout en-

1. De Rozière, *loc. cit.*, page 553.

tier était, dans l'opinion des prêtres d'Égypte, une terre de nouvelle acquisition, un pur don du Nil, et, pour parler comme l'antiquité, *une vraie terre d'Horus.*

Par suite de l'oblitération des deux anciennes branches extrêmes, l'usage restreint aujourd'hui le nom de Delta à l'espace compris entre les deux branches de Rosette et de Damiette. Son sommet est situé un peu au-dessous de celui du Delta des anciens; car « ce qu'on prend souvent aujourd'hui pour la naissance du Delta, et qu'on appelle *Batn-el-Baqarah* (le Ventre de la vache), qui est le point de partage de ces deux branches, ne doit pas être confondu avec le sommet de l'ancien Delta. » Au Ventre de la vache, situé à 25 kilomètres du Caire, le Nil se partage en effet aujourd'hui en deux branches principales. « La première se dirige d'abord au nord-ouest, s'incline ensuite vers le nord, et se rend à la mer au-dessous de la ville de Rosette; la seconde coule directement au nord, sépare en deux parties presque égales le territoire de la Basse-Égypte, et se jette dans la mer au-dessous de Damiette.[1] »

Embouchures des deux branch actuelles : *Boghas.*

Les bouches du Nil sont obstruées par des barres. Elles sont souvent désignées par le nom de *boghaz* ou *boghâs :* c'est un mot qui, en arabe et en turc, signifie bouche, *gosier,* et qu'on pourrait rendre par celui de *goulet :* il est employé en Égypte pour désigner *une embouchure avec barre* d'un fleuve ou d'un lac dans la mer.

Dimensions et développement ces deux branch

Quoique ces deux bouches versent dans la Méditerranée la plus grande partie des eaux du Nil,

1. Girard, *loc. cit.*, page 347.

elles ne sont ni très-larges ni profondes. La bouche de Rosette, près de son embouchure, a environ 600 mètres de large : il y a 1,m60 d'eau dans les basses eaux. La bouche de Damiette a environ 300 mètres de large, et 2,m50 d'eau dans les basses eaux.

« Du sommet actuel du Delta (*Batn-el-Baqarah*) aux *boghâs* de Rosette et de Damiette, il y a, à vol d'oiseau, près de 140 kilom.; et les deux branches principales du Nil qui aboutissent à ces deux points ont de 230 à 240 kilom. de développement. La base du Delta est d'à peu près 145 kilom. en suivant les sinuosités de la côte, et d'environ 137 kilom. en ligne droite, entre les embouchures de Damiette et de Rosette, extrémités de cette base. »[1]

Sol du Delta très-uni. Le Delta offre une plaine parfaitement unie; « il ne présente nulle part la moindre élévation naturelle : quelques buttes artificielles, quelques monticules de décombres autour des lieux habités, et *les dunes* vers le rivage de la mer, sont les seules inégalités que présente le terrain. Un grand nombre de canaux le coupent en tout sens[2], on y voit partout un terrain uni, formé par les dépôts du Nil; Sa constitution. « des fouilles de 14 à 15 mètres n'ont traversé que des couches de terre végétale entremêlées de couches de sable quartzeux semblable à celui que charrie le Nil[3]. » Ce sol se fendille par l'effet de la chaleur, comme tous les sols argileux, et quelquefois d'une manière incommode pour les voyageurs, à tel point

1. Girard, *loc. cit.*

2. Du Bois-Aymé et Jollois, Voyage dans l'intérieur du Delta. — Description de l'Égypte, etc : État moderne, tome II, page 91.

3. De Rozière, *loc. cit.*, page 471.

que, « dans les endroits non cultivés, des crevasses profondes occasionnées par le dessèchement du terrain après l'inondation, rendraient la marche fort difficile pour d'autres chevaux que ceux du pays. »[1]

Pendant l'inondation, qui a lieu tous les ans en été, la vallée du Nil et le Delta sont couverts par les eaux. On a été obligé, dès l'époque des anciens Égyptiens, d'établir des proéminences, sur lesquelles les villages ont été bâtis : ce sont là les buttes artificielles dont nous venons de parler. C'est, comme vous l'avez vu, un expédient que les Bataves, qui ne connaissaient pas les Égyptiens, ont imaginé de leur côté. Quand les crues sont plus fortes que d'ordinaire, c'est un désastre pour l'Égypte, parce que les villages sont inondés; il en résulte en outre, que les eaux étant trop longtemps à s'écouler, on ne peut ensemencer les terres à l'époque convenable. État de la surface suivant les saisons

Amrou, le sauvage lieutenant d'Omar, écrivait au calife après la conquête de l'Égypte, que ce pays présentait successivement l'image d'un *champ de poussière*, d'une *mer d'eau douce*, et d'un *parterre de fleurs*. En effet, « dans le Delta, les champs offrent trois tableaux différents, suivant les trois saisons de l'année égyptienne. Dès le milieu du printemps, les récoltes, déjà enlevées, ne laissent voir qu'une terre grise et poudreuse, si profondément crevassée qu'on oserait à peine la parcourir. A l'équinoxe d'automne, c'est une immense nappe d'eau rouge ou jaunâtre, du sein de laquelle sortent des palmiers, des villages et des digues étroites qui servent de communica-

1. Du Bois-Aymé et Jollois, *loc. cit.*, page 112.

tion ; après la retraite des eaux, qui se soutiennent peu de temps dans ce degré d'élévation, et jusqu'à la fin de la saison, on n'aperçoit plus qu'un sol noir et fangeux. C'est pendant l'hiver que la nature déploie toute sa magnificence.[2]

[illegible]

Les choses se passaient déjà ainsi dans l'antiquité. « Dans la saison où ont lieu les débordements du Nil, dit Hérodote, on n'aperçoit plus en Égypte que les villes et les villages, qui paraissent au-dessus des eaux comme des îles de la mer Égée ; on ne navigue plus alors sur les divers bras du Nil, mais sur les différents canaux dont les campagnes sont coupées. »

Élévation de la crue, variable dans les diverses parties du Delta.

Au Caire, la crue du Nil est moyennement de 7 à 8 mètres ; dans la partie supérieure du Delta elle est déjà sensiblement moindre. A l'ancienne prise d'eau du canal d'Alexandrie, près de Ramanyeh, la différence des hautes eaux aux basses eaux est de 4 mètres seulement, année commune[3] ; ainsi que l'ont constaté deux des ingénieurs les plus distingués de l'expédition d'Égypte, M. Lancret, qui devait être ravi aux sciences par une mort prématurée, et M. de Chabrol de Volvic, qui depuis lors a été successivement préfet des départements de Montenotte et de la Seine, et qui a si puissamment contribué aux améliorations matérielles qu'a reçues la ville de Paris. Comme le Nil se répand là sur un très-grand espace, la même quantité d'eau ne produit qu'une élévation beaucoup moindre. A Rosette

1. De Rozière, *loc. cit.*, page 447.
2. Girard, *loc. cit.*, page 366.
3. Lancret et Chabrol, Mémoire sur le canal d'Alexandrie. — Description de l'Égypte : État moderne ; tome II, page 187.

et à Damiette le voisinage de la mer vient encore opposer un nouvel obstacle à l'élévation des eaux qui y trouvent un écoulement facile, et la crue ordinaire n'est que de deux coudées ou 1,^{m}08. Elle y est, au reste, dans une dépendance journalière de l'élévation des eaux de la mer, dont le niveau varie avec la direction du vent et dans celle du vent lui-même. Les vents du nord ont une grande influence sur l'inondation d'une grande partie du Delta pendant la crue du Nil, parce qu'ils font refluer et gonfler l'eau du fleuve, qui n'a qu'une pente extrêmement faible.[1]

Le sol du *Delta* est formé par les alluvions du Nil, qui, dans sa crue périodique, le recouvre chaque année d'une nouvelle couche de limon. Ces dépôts terreux sont très-propres à la fabrication des briques. On en fait beaucoup à Rosette, qu'on transporte à Alexandrie. Les maisons de Damiette sont en briques. Il y a aussi dans cette ville et dans toute la Basse-Égypte beaucoup de huttes en terre, parce que le limon du Nil est propre à faire une espèce de *pisé*. Limon du Nil.

Le limon du Nil, lorsqu'il est sec, prend une consistance très-ferme et presque pierreuse. Sa cassure est terreuse, à grain fin; sa couleur est brune (terre d'Égypte); il fait légèrement effervescence avec les acides et se désagrége dans l'eau. Il a l'aspect d'une terre fine argilo-ferrugineuse, happe très-légèrement à la langue et a un toucher doux et un peu savon-

1. J. Russegger, *Reisen in Europa, Asien und Afrika;* tome Ier, page 258.

Ses propriétés physiques. neux. Pressé entre les doigts, il se réduit facilement en poussière, et quand on en plonge des morceaux dans l'eau à la température ordinaire, il se délite bientôt en augmentant un peu de volume, et se transforme en une bouillie épaisse, qui, après avoir été égouttée de l'excédant d'eau interposé entre ses molécules, offre la plasticité de l'argile, se pétrit entre les doigts, et prend de la dureté par l'action du feu.

D'après M. Lassaigne, ce limon, quoique sec en apparence, étant desséché à 100° pendant trois heures, perd 8,5 pour cent de son poids d'eau.

Sa pesanteur spécifique, après cette dessiccation, est de 2,385.

Sa composition. D'après l'analyse que M. Lassaigne en a fait, ce même limon, desséché à 100°, est composé de

Silice.	42,50
Alumine	24,25
Peroxide de fer.	13,65
Carbonate de chaux.	3,85
Carbonate de magnésie.	1,20
Magnésie	1,05
Acide ulmique et matière organique azotée	2,80
Eau.	10,70
	100,00

Il a, par conséquent, pour base un *silicate d'alumine* composé, à peu de choses près, de 2 atômes de silice et 1 d'alumine.

La présence de l'acide ulmique et d'une *matière organique azotée* explique en partie ses avantages

comme engrais, qui résultent aussi de ce qu'il agit en amendant la constitution sablonneuse du sol.[1]

Le sol superficiel du Delta, de même que celui du fond plat de la vallée du Nil dans toute l'Égypte, est formé par l'accumulation des dépôts successifs du limon du fleuve, mêlés à la poussière transportée par le vent; car en Égypte la terre végétale doit son origine, ainsi que nous l'avons déjà dit, à ces deux causes réunies, mais surtout à la première.

Les dépôts de limo élèvent le sol.

Le Nil élève chaque année par le dépôt de son limon les terrains sur lesquels il déborde, et, dans la plus grande partie de l'Égypte, l'élévation devient très-sensible au bout d'un certain temps.

Les canaux établis de main d'homme ne servent pas seulement à l'irrigation, mais aussi à répandre le limon du Nil sur des terrains qu'ils ne semblaient pas destinés à atteindre. L'eau du canal *Mahmoudieh*, qui fournit des eaux potables à la ville d'Alexandrie, sert en même temps à ce double usage, et elle a permis de conquérir sur le désert quelques portions de terrain qui sont aujourd'hui cultivables.

Les sables du désert tendent à empiéter sur les limons du Nil; mais les limons du Nil en recouvrent d'autres parties, et, en somme totale, ces derniers ont gagné sur les sables plus que les sables n'ont gagné sur eux. C'est même en s'étendant ainsi sur les sables des déserts riverains que les dépôts du

1. J. L. Lassaigne, Nouvelles recherches sur la composition du limon du Nil (Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences.); tome XVIII, page 787.

Nil ont donné à la plaine fertile de la Basse-Égypte la vaste étendue qu'elle présente aujourd'hui; Dolomieu l'a clairement expliqué dans le passage suivant de son Mémoire de 1793.

Formation du *Delta* d'après Dolomieu.

« Il me paraît donc certain, disait-il, que les dons du fleuve se sont bornés à remplir l'intervalle entre les collines de la Libye et cette plaine de sable qui, relevant un peu de l'ouest à l'est, se prolonge jusqu'aux montagnes de la Syrie, jusqu'aux déserts pierreux de l'Arabie et jusqu'aux stériles rivages de la mer Rouge. Les dépôts du Nil ont aussi enseveli sous une couche de limon, la portion du sol sablonneux qui, par une pente insensible, venait se terminer dans les eaux du golfe; laquelle couche a dû être d'autant moins épaisse, qu'elle s'approche plus des limites où elle cesse de s'étendre. Une observation vient à l'appui de mon opinion : lorsqu'on creuse des puits au pied de la montagne arabique à l'est du Caire, on perce d'abord une couche de limon noir, épaisse de plusieurs pieds, au-dessous de laquelle on ne trouve plus que du sable plus ou moins gros, qui par sa position prouve bien évidemment son antériorité sur les dépôts du Nil; mais en descendant vers le nord et en approchant du fleuve, la couche de limon acquiert une épaisseur que bientôt ceux qui creusent les puits n'outrepassent plus, et qui n'est interrompue que par quelques couches très-minces de sable blanc. »[1]

D'après M. Wilkinson[2], le Nil a élevé le terrain

1. Dolomieu, Mémoire sur la constitution physique de l'Égypte. — Journal de physique; tome XLII, page 60 (1793).

2. Wilkinson, *Journ. geog. soc.*, tome IX, page 432.

dans les différentes parties de l'Égypte de quantités inégales, plus dans la partie supérieure, où ses eaux déposent d'abord, et beaucoup moins dans la partie inférieure. Les observations réunies par M. Girard ont prouvé que dans la vallée du Nil en général le sol s'est élevé moyennement par l'effet des dépôts du fleuve de 126 millimètres par siècle. Ces observations ne s'appliquent pas au Delta, pour lequel on ne possède pas de documents aussi précis. Quelques auteurs ont pensé que le Nil doit y déposer moins que dans le reste de l'Égypte, en raison de ce que les troubles qu'il apporte de la Nubie ont dû se précipiter déjà en grande partie dans la vallée d'Égypte proprement dite; d'autres ont admis, au contraire, que les eaux du Nil doivent déposer dans le Delta plus qu'ailleurs, en raison de ce qu'elles y séjournent plus tranquillement. Ces deux effets contraires pourraient bien se compenser à peu près: mais il en est un troisième, qui donne la prédominance au premier; c'est que l'inondation s'élevant beaucoup moins dans le Delta que dans le reste de l'Égypte, chaque point y reçoit les dépôts d'une épaisseur d'eau beaucoup moindre. On peut donc admettre que, dans le Delta, le sol ne s'élève dans chaque siècle que d'une fraction de 126 millimètres. M. de Rozière dit, en effet, que dans le Delta l'accroissement est moins rapide que dans le reste de l'Égypte, et peut être évalué à environ 2 pouces 3 lignes ($60,^{mm}907$) pour chaque siècle.[1]

L'élévation est moins rapi dans le Delt que dans le re de l'Égypte.

Comme le limon se dépose naturellement en plus

1. De Rozière, *loc. cit.*, page 494.

grande abondance près des bras du Nil qu'à une plus grande distance, le terrain est plus élevé dans le voisinage de leurs bords; mais ce phénomène ne se manifeste pas ici avec autant de force que sur les bords du Pô. Il y a à cet égard une grande différence entre les deux contrées : le Nil n'est pas influencé par les défrichements; il ne reçoit de rivières, si je puis parler ainsi, que ses deux sources et l'Atbara. De plus, le Nil n'étant pas renfermé par des digues (car les digues d'Égypte ne servent qu'à diriger les eaux de l'inondation), et pouvant se répandre librement, n'élève pas le fond de son lit plus rapidement que ses bords.

L'élévation ne [...]t pas la même progression dans [...]tres les parties du Delta.

Cependant le Nil a suffisamment exhaussé ses bords et son fond pour se trouver contraint à changer son cours. En élevant le fond du lit de ses diverses branches en même temps que leurs bords, le Nil en a mis plusieurs hors de service et s'est réduit lui-même à la nécessité de changer de cours, comme le Rhin, le Pô, le Rhône, etc. Les sables chassés par le vent ont aussi contribué à ces changements.

« La branche pélusiaque était navigable lorsqu'Alexandre pénétra en Égypte : elle est aujourd'hui presque totalement comblée par les sables du désert; on en voit encore, devant Péluse, l'extrémité qui aboutissait à la mer : elle est remplie de fange. Son embouchure dans la mer existe encore, et elle est quatre fois plus éloignée de Péluse qu'elle ne l'était du temps de Strabon. Strabon dit que Péluse avait 20 stades de circuit (1020 toises): effectivement, l'enceinte murée de Péluse a ce déve-

loppement; mais il ajoute qu'elle était à la même distance de la mer, et aujourd'hui la branche de Tyneh est à environ 4000 toises de Péluse. Elle est située à l'extrémité d'une plaine que les Arabes appellent *Tyneh;* ce qui est la traduction du mot grec Πηλὸς (*Pélos*), banc.»[1]

Le canal actuel de Moueys n'est autre chose qu'une partie de la branche tanitique, qui se prolongeait jusqu'à la bouche d'Omm-Fâreg.

«La branche mendésienne, dont la bouche est celle de Dybeh, se retrouve dans le canal d'Achmoun.[2]»

Le lac Menzaleh n'est plus en communication avec la bouche de Damiette, dont le niveau est supérieur au sien, et qui va directement à la mer. Les eaux ont pris aujourd'hui un cours différent de celui qu'elles avaient dans l'antiquité : la branche phatnitique ou de Damiette ayant été creusée de main d'homme, au rapport d'Hérodote, ne devait pas être, à beaucoup près, aussi considérable qu'on la voit aujourd'hui : il est probable que son volume s'est augmenté aux dépens des branches pélusiaque, tanitique et mendésienne.

Elle est plus rapide près des bras du Nil

Ces changements ont été encore plus sensibles dans la partie occidentale du Delta. Ils ont fait disparaître la branche canopique, qui était autrefois

1. Malus, Extrait d'un Mémoire sur l'état ancien et moderne des provinces orientales de la basse Égypte. — Description de l'Égypte : état moderne; tome II, page 305.

2. Andréossy, Mémoire sur le lac Menzaleh, d'après la reconnaissance faite en vendémiaire an VII (septembre et octobre 1799). — Description de l'Égypte : état moderne; tome I.er, page 262.

la plus célèbre. Pline désignait encore comme les plus considérables les anciennes bouches canopique et pélusiaque, qui sont aujourd'hui oblitérées[1]. Suivant Aristote la bouche canopique est la seule naturelle; toutes les autres ayant été creusées par la main des hommes pour accélérer le desséchement du Delta[2]. C'était anciennement la plus abondante, et c'est celle dont les rapports avec la théogonie égyptienne sont le mieux constatés.[3]

Le léger relèvement du terrain qui sépare le lac Mádyeh du lac d'Edkou, répond probablement à l'ancienne branche canopique du Nil, dont les bords, suivant la loi ordinaire de ce genre de phénomènes, devaient être un peu plus élevés par l'effet des alluvions, que le sol à une certaine distance de part et d'autre.

Les restes de cette ancienne bouche canopique du Nil se trouvent au fond de la baie d'Aboukir, non loin du lac d'Edkou.

Effets qui en résultent

Il est résulté de là que les parties du *Delta* qui ont le moins participé à l'élévation générale, se trouvent submergées d'une manière beaucoup plus permanente qu'elles ne l'étaient du temps des anciens Égyptiens, et même que quelques-unes d'entre elles ont contracté une salure dont elles étaient exemptes dans ces temps reculés.

Changements survenus dans la topographie dans l'état du sol de certaines parties du Delta

Par exemple, entre les ruines de *Tanis* ou de *Sân*, à l'est de la branche *tanitique* et celles de *Mendès*, qui sont éloignées de 3 myriamètres à l'ouest, la

1. Girard, *loc. cit.*, page 399.
2. *Idem*, *ibid.*, page 367.
3. De Rozière, *loc. cit*, page 547.

laine de Daqahlyeh est inondée communément endant huit mois de l'année par les eaux de pluieurs canaux d'irrigation qui y aboutissent[1]. Ce ait ne suppose toutefois qu'un changement assez ninime dans la configuration du sol.

La nature assez bien constatée des changements ue le sol du Delta a subis dans les environs de ancienne *Tanis*, fait que malgré leur petitesse, et *cause de cette petitesse même*, ils présentent un éritable intérêt; intérêt d'autant plus grand, que a haute antiquité de cette ville est elle-même paraitement établie, tant par l'examen de ses ruines ue par les témoignages des auteurs les plus anciens. Ils sont peu considérables. Environs de *Sân* ou de *Tanis*.

Les ruines de la ville de *Sân* ou *Tanis*, qui a onné son nom à la branche du fleuve appelée auourd'hui canal de Moueys, s'élèvent immédiatement sur ses bords à deux lieues de l'extrémité du anal qui en occupe la place, c'est-à-dire, à deux eues seulement du point où il se jette dans le lac Ienzaleh. Détails sur les ruines de *Tanis*.

Ces ruines ont fixé l'attention de plusieurs des saants les plus célèbres de l'expédition d'Égypte, et un d'eux, M. Cordier, en a donné une description étaillée. « C'est de Damiette que nous partîmes, dit I. Cordier, MM. Nouet, Delile, Lenoir et moi, pour ller examiner ces ruines sous les auspices de Doomieu. Nous y abordâmes le 30 novembre 1798.... Dolomieu, dont les conseils et l'amitié guidaient lors mon zèle, me chargea de lever le terrain à la oussole et au pas : il prit le soin de faire mesurer, u de mesurer lui-même les principaux débris des

1. Girard, *loc. cit.*, page 350.

monuments et leurs distances respectives.... Quant aux observations dont se compose ce mémoire, il est aisé de voir que le fond m'en est commun avec Dolomieu : je dis le fond; car la plupart des matériaux que nous avions réunis, nous ont été enlevés pendant la captivité que nous avons subie en Calabre et en Sicile à notre retour d'Égypte : il ne nous en est resté que nos premières notes et les minutes des relèvements.»

«On aperçoit les ruines de Sân de deux à trois myriamètres de distance. De quelque côté qu'on les aborde, elles s'annoncent à l'horizon sous la forme d'une petite montagne assez étendue, et dont le profil, largement dentelé, interrompt la monotonie des plaines sans bornes qui occupent cette partie du petit Delta. On ne distingue guère, en arrivant, que des amas de décombres confusément entassés, et dont la hauteur varie de 10 à 30 mètres au-dessus des eaux du canal. Au milieu de ces amas, l'œil a bientôt remarqué, du côté nord-est, une plateforme, dont l'élévation approche de 35 mètres. Ce point offre l'intérêt d'une station complétement dominante; et l'observateur n'a rien de mieux à faire que de s'y porter, s'il veut prendre une idée générale des lieux avant de les parcourir... A l'exception de quelques bouquets, formés par l'arbuste qu'on nomme *nitraria tridentata,* les décombres qui constituent tout le sol de la ville, sont nus et stériles: ils se composent en très-grande partie de limon pulvérulent mêlé de sable fluviatile très-fin : on y enfonce en beaucoup d'endroits jusqu'à la cheville. Leur couleur cendrée tire au brun rougeâtre dans

toutes les places où dominent les débris en terre cuite; on y remarque principalement des tessons de poterie grossière, des fragments de briques de différentes espèces, et des éclats de la plupart des pierres que les anciens Égyptiens ont employées dans leurs monuments. Il n'est pas rare d'y rencontrer aussi des fragments de poterie vernissée, de verre blanc ou diversement coloré, de gypse en petites lames, et de marbre blanc de différents grains.

«Cet ancien sol ne tranche nettement avec les plaines environnantes, qui sont toutes composées de purs atterrissements du fleuve, que pendant les premiers mois qui suivent l'époque de l'inondation. Il se présente alors, et c'est ainsi que nous l'avons vu, entouré de grandes flaques d'eau et de plantes marécageuses, formant des îles de verdure ou des touffes clair-semées; on ne distingue même plus les berges du canal de Moueys : elles sont en grande partie noyées et masquées par de vastes champs de roseaux. Mais après l'hiver, et surtout aux approches de juin, les choses changent de face: les eaux s'évaporent ou rentrent dans le canal, la verdure disparaît, le limon se gerce profondément; de chétifs arbustes, épars de loin en loin, achèvent de se flétrir; et la terre, superficiellement ameublie par des efflorescences salines, se lie, presque sans contraste, avec le sol des ruines.

«Pendant cette période de sécheresse, le canal de Moueys, qui n'est encaissé par aucune digue, se dessine d'une manière très-apparente au milieu des plaines. A sa largeur, qui excède fréquemment 60 mètres, à sa profondeur qui le rend constamment

navigable, et à l'abondance des eaux qui s'y versent en toute saison, il est impossible de ne pas reconnaître une des branches principales du fleuve... Ses eaux se jettent dans le lac Menzaleh à 22 kilomètres au nord-est des ruines.... On ne peut plus douter que le canal de Moueys ne soit l'ancienne branche tanitique du Nil, et l'on ne peut s'empêcher de reconnaître dans les ruines de Sân celles de l'ancienne *Tanis*, ville royale sous les Pharaons, dont l'existance remontait déjà à une assez haute antiquité du temps de Moïse.[1]

Antiquité de cette ville

.... « Les livres saints font plus d'une mention de la ville de *Tanis*. Moïse indique (Nombres, chap. 13, v. 23) qu'elle a été bâtie sept ans après Hébron, cité de la Terre promise, qui florissait déjà du temps d'Abraham, c'est-à-dire, il y a environ trente-sept siècles (Genèse, chap. 13, v. 18; chap. 23, v. 2 et 19; chap. 35, v. 27 et chap. 37, v. 14). David célébra les miracles qui ont illustré le législateur des Hébreux et signalé la puissance du Dieu d'Israël dans les champs de *Tanis* (Psaume 77, v. 12 et 43); événements qui datent de 3300 ans. Isaïe, prophétisant contre l'idolâtrie et l'avilissement des peuples d'Égypte, reproche aux princes de *Tanis*, qu'il appelle les conseillers de Pharaon, leur orgueil et leur démence (Isaïe, chap. 30, v. 12). Le même s'élève contre l'inutile démarche des princes juifs, qui, dans leur épouvante à l'approche des Assyriens, se sont refugiés à *Tanis*. »[2]

1. L. Cordier, Description des ruines de Sân (Tanis des anciens). — Descript. de l'Égypte. Antiquités, Descript.; t. II, chap. XXIII.
2. L. Cordier, *loc. cit.*, page 12.

Les environs de la ville de *Péluse* présentent, malgré leur voisinage de la mer, des phénomènes analogues à ceux que nous offrent les environs de *Sân*. Il existe à l'orient de Péluse des dunes assez élevées, qui se prolongent en remontant vers la province de Charqyeh. Péluse se trouve à environ 2700 mètres de la plage, à l'extrémité orientale du lac Menzaleh, entre la mer et les dunes, au milieu d'une plaine rase, nue et stérile. On trouve sur la plaine de Péluse, en allant de la mer vers les dunes, et jusqu'à une petite distance de ces dernières, des coquillages, d'abord répandus assez abondamment, puis devenant plus rares : le terrain est couvert en outre dans toute son étendue d'une croûte saline : ainsi tout annonce que la mer y afflue et y séjourne pendant une partie de l'année.[1]

Environs de Péluse.

« Plusieurs autres parties du sol du Delta offrent les mêmes phénomènes de salure. Le sol traversé aujourd'hui par le canal Mahmudieh, qui conduit d'Adfueh, sur la branche de Damiette, à Alexandrie, est formé de limon du Nil, comme dans le Delta, et comme le sont, en général, toutes les terres cultivables de l'Égypte. Partout où ce limon n'est pas arrosé et cultivé il s'y produit des sels en si grande abondance, qu'en peu d'années il constitue une espèce de désert, tombe en poussière, et permet tout au plus la croissance de la *salicornia*. »[2]

On ne saurait douter cependant qu'une grande partie de la plaine comprise entre Alexandrie et Damanhour, ne fût arrosée et cultivée par les an-

Espace compris entre Alexandrie et Damanhour.

1. Andréossy, *loc. cit.*, page 276.
2. J. Russegger, *Reisen in Europa, Asien und Afrika*; t. I.er, p. 119.

ciens Égyptiens : on y retrouve encore des fragments d'hiéroglyphes qui prouvent qu'ils y ont élevé des monuments.[1]

Lorsque le lac Maréotis était à sec, comme il l'a été pendant un siècle, ainsi que nous le verrons bientôt, la plaine, formée par son fond sur la gauche du canal d'Alexandrie, était imprégnée de sel marin.[2]

« Depuis l'extrémité du lac d'Aboukir (*el Mâdieh*) le canal d'Alexandrie parcourt un terrain entrecoupé de marais salans, recouverts d'une croûte de sel de 10 à 12 centimètres d'épaisseur ; il passe ensuite au milieu d'un bois de dattiers d'une demi-lieue de longueur. »[3]

Cause de la salure du sol de certaines parties du Delta.

Cette salure du sol d'une partie du Delta se lie probablement à celle que contractent même les eaux du Nil dans certaines saisons.

On a remarqué en effet que, dans la branche de Rosette, les eaux de la mer se mêlent à celles du fleuve jusqu'à 4 ou 5 lieues au-dessus de son embouchure.[4]

Les lagunes littorales tirent aussi de la mer la salure que présentent leurs eaux à l'époque des basses eaux du Nil.

« La salure des eaux du lac Menzaleh est entretenue par les vagues qu'il reçoit pendant les tempêtes, lorsque la mer franchit la langue de sable qui les sépare, et qu'elle force l'entrée des bouches

1. Lancret et Chabrol, Mémoire sur le canal d'Alexandrie. — Description de l'Égypte : état moderne, tome II, page 189.
2. *Idem, ibid.*, page 191.
3. *Idem, ibid.*, page 187.
4. *Idem, ibid.*, page 194.

de Dybeh et d'Omm-Fareg. Pressé lui-même par les gros temps, ou balancé par l'inégale action des vents régnants, il s'étend souvent un peu au delà de ses limites habituelles et semble préluder à de nouveaux envahissements.... L'influence des eaux saumâtres, dépassant les ruines de Sân, s'est successivement propagée dans un vaste territoire qui avait été le théâtre de la fertilité et de l'abondance pendant un temps immémorial.»[1]

Il paraît que les branches tanitique et mendésienne «se trouvant appauvries, n'ont plus été en état de faire équilibre aux eaux de la mer; et dès lors ces eaux y ont pénétré, comme en été dans la branche même de Rosette, et elles ont rendu salé le terrain avoisinant.»[2]

J'ai déjà parlé plusieurs fois de ces lagunes littorales qui bordent une grande partie de la côte du Delta. Ici, comme près des bouches du Rhin, du Pô et du Rhône, leur étude est essentielle pour l'histoire du Delta lui-même et pour celle de la marche des alluvions. Elles sont très-peu profondes, le limon du Nil est en train de les faire disparaître. L'une d'elles, le lac Maréotis, a même déjà disparu une première fois, et a été remplacé pendant un siècle par une grande plaine sablonneuse, absolument stérile et en partie imprégnée de sel.[3] On compte cinq lagunes, toutes d'une grande étendue; savoir : le lac Menzaleh, qui a près de 20 lieues de longueur; le lac Bourlos et trois autres, situés à

Lagunes qui bordent le Delta

1. L. Cordier, *loc. cit.*, page 16.
2. Andréossy, *loc. cit.*, page 269.
3. Dolomieu, *loc. cit.*, tome XLII, page 207 (1793).

l'ouest de Rosette, qui sont : le lac d'Edkou, situé derrière une langue de terre sablonneuse; plus loin, derrière la pointe d'Aboukir, le lac d'Aboukir ou *el Mâdieh*. Ce dernier est séparé de la mer par une presqu'île étroite qui se prolonge au loin au sud-ouest : derrière le prolongement de cette presqu'île se trouve le lac Maréotis, auquel M. Gratien Le Père a trouvé une superficie de 85,784 hectares, c'est-à-dire égale à plus de sept fois celle de l'étang de Berre, dont il rappelle la position par rapport au Delta.

État du lac Maréotis du temps des Anciens

D'après Strabon, le lac Maréotis recevait les eaux de plusieurs canaux, tant des parties supérieures que des parties latérales du fleuve, et les crues en augmentaient considérablement l'étendue. Il était le centre d'un si grand commerce, que le port de la ville d'Alexandrie sur le lac était plus riche que le port maritime [1]. Strabon appelle le lac Maréotis une autre mer, laquelle avait, dit-il, des ports plus fréquentés et plus commerçants que ceux de la grande mer. Au temps des crues tout le commerce se faisait par les ports du lac Maréotis, qui étaient préférés à ceux de la Méditerranée.

Anciennement le lac *Maréotis* était en communication avec la Méditerranée, et du temps de César il était encore joint au port *Kileotos* (l'un des ports d'Alexandrie) par un canal qui conduisait à la mer les eaux du lac [2]. Ce canal est comblé depuis longtemps, mais les traces n'en sont pas totalement effacées. M. le duc de Raguse, qui, après avoir combattu glorieusement en Égypte en 1798, l'a visité

1. Strabon, Géogr., *lib.* XVII.
2. Lancret et Chabrol, *loc. cit.*; tome II, page 190.

de nouveau en 1834, parle d'un « large et profond canal, existant autrefois entre le lac et la rade d'Alexandrie, dont on retrouve les vestiges à trois mille toises (5847 mètres) au sud-ouest de la colonne de Pompée. »[1]

A l'époque où l'armée française occupa l'Égypte, (de 1798 à 1801), le lac Maréotis (*Baheyreh el Maryout*) n'offrait plus qu'une plaine sablonneuse, dont la partie la plus basse retenait des eaux de pluie, qui y séjournaient une grande partie de l'hiver[2]. Mais on voit par les relations d'Abar el Fedâ, en 1400; de Belon, en 1532; de Villamont, en 1590, et de Thévenot, en 1663, que ce lac et les anciens canaux qui y affluaient existaient encore à ces diverses époques. Villamont dit particulièrement que de son temps la pêche de ce lac était d'un grand revenu. En 1672, le lac Maréotis recevait encore les eaux du Nil pendant l'inondation et communiquait avec la mer. Ses états successifs.

Cet état de choses a changé depuis; mais le changement ne date que de la fin du 17.e siècle, ou du commencement du 18.e Lorsque l'ancien état de choses subsistait, la ville d'Alexandrie jouissait, comme l'a parfaitement exprimé Strabon, d'un climat très-salubre; depuis que le lac Maréotis s'est en partie desséché, elle est devenue beaucoup plus malsaine.[3]

1. Voyage du duc de Raguse en diverses parties de l'Orient et de l'Égypte, tome III, page 158.

2. Gratien Le Père, Extrait d'un Mémoire sur les lacs et les déserts de la basse Égypte. — Description de l'Égypte : état moderne; tome II, page 469.

3. Girard, *loc. cit.*, page 372.

Ce desséchement provisoire, qui était un véritable malheur pour la Basse-Égypte, et surtout pour Alexandrie, ne résultait pas d'un comblement complet du lac. Son fond était encore inférieur au niveau de la mer, ainsi que nos ingénieurs l'ont constaté, et comme l'a prouvé d'ailleurs une des circonstances du siége que l'armée d'Orient, réduite à un petit nombre de vétérans, soutint en 1801 dans Alexandrie contre les Anglais et les Turcs.

L'armée anglo-turque y fait rentrer les eaux salées en 1801.

L'ancien lac Maréotis et le lac el Mádieh ou d'Aboukir, dans lequel s'épanchait l'ancienne branche canopique du Nil, ne sont séparés l'un de l'autre que par une langue de terre fort étroite, sur laquelle est établie la partie inférieure du canal Rahmânyeh ou d'Alexandrie. Le 14 germinal an IX (4 avril 1801) l'armée anglo-turque coupa les digues du canal vers l'extrémité occidentale du lac Mádyeh, à une distance de 7500 mètres de la porte de Rosette, située à l'est de l'ancienne enceinte d'Alexandrie. Les eaux de ce lac, aussi salées que celles de la mer, qui y communique par le Mádyeh, coulèrent successivement par trois à quatre ouvertures, jusqu'à la fin du mois de prairial (15 juin 1801), et mirent soixante-six jours à remplir entièrement l'ancien bassin de Maréotis.

Son niveau et sa profondeur d'après M. Gratien Le Père.

M. Gratien Le Père raconte que le 23 floréal an IX (13 mai 1801) il fit un nivellement sur la coupure de la côte, dont nous avons déjà parlé et qui paraît avoir été un ancien canal de jonction de la rade d'Alexandrie au lac, à une distance de 3000 toises (5847 mètres) au sud-ouest de la colonne. Le lit de cet ancien canal, dont le relief n'est que de 4 pieds

de hauteur moyenne au-dessus de la mer, ne demanderait, dit M. Le Père, qu'un travail peu considérable pour y rétablir l'ancienne communication des ports d'Alexandrie avec ceux de Maréotis. A l'époque à laquelle M. Le Père fit cette opération, les eaux du lac avaient encore à s'élever de 3 pieds 11 pouces 3 lignes (1,^{m}278).... Des sondes, qu'il prolongea dans le lac sur la direction de cet ancien canal, donnèrent progressivement jusqu'à 8 pieds (2,^{m}599) d'eau à 500 toises (975 mètres) des rives; le 28 du même mois on y trouva 11 pieds d'eau, à 700 et 800 toises (3,^{m}573, à 1364 et 1559 mètres), de sorte que, dans la pleine inondation, on doit y trouver 15 à 16 pieds d'eau (4,^{m}872 à 5,^{m}197)[1]. Aussitôt que le lac Maréotis fut à peu près rempli, la flotille anglo-turque y entra et y navigua librement : il est probable que les vaisseaux des anciens, qui ne tiraient pas beaucoup d'eau, y auraient navigué de même.

Depuis 1801 les eaux sont restées plus ou moins complétement en possession du bassin du lac Maréotis : leur niveau monte et descend, suivant l'état de la crue du Nil. Toutefois, les anciennes digues ayant été plus ou moins complétement rétablies, et même multipliées, le lac Maréotis reçoit seulement aujourd'hui « les eaux d'infiltration, celles provenant des pluies et le trop plein du Nil, amené par le canal au moment de la crue; l'évaporation en enlève une grande partie, et il reste au fond une couche de sel de plusieurs pouces d'épaisseur, résultant des dépôts salins que la présence des eaux Son état actuel.

1. Gratien Le Père, *loc. cit.*; tome II, page 19.

de la mer y a formés, ou bien de la nature même du sol. Une grande partie de l'emplacement du lac Maréotis est devenue ainsi une saline naturelle. En hiver tout cet espace est impraticable; mais en été, avec des précautions, des hommes à pied peuvent traverser ces terrains marécageux.»[1]

Digue naturelle qui sépare le lac Maréotis de la mer.

«Entre les lacs Maréotis et Mádieh d'une part, et la mer de l'autre, court, du sud-ouest au nord-est, une chaîne continue de rochers calcaires, espèce de digue naturelle, qui est le prolongement de la côte d'Afrique et qu'il ne faut pas confondre avec le sol d'alluvion qui forme les autres parties saillantes du rivage. Elle s'étend à 2 myriamètres au nord-est d'Alexandrie, jusqu'au port d'Aboukir, devant lequel est situé l'îlot qui termine cette chaîne. Sur cette presqu'île et vers son extrémité, où se trouvent aujourd'hui la tour arabe d'Aboukir et de vastes ruines égyptiennes en briques et en syénite, florissait la ville de Canope bien des siècles avant le temps d'Alexandre et même avant celui d'Homère. Assise sur les rochers les plus septentrionaux de l'Égypte, en face de la principale bouche du Nil, à laquelle elle donnait son nom, et dominant sur un grand lac où s'arrêtaient les eaux du fleuve avant de se perdre dans la mer, Canope était donc, sous tous les rapports, la limite la plus naturelle du pays que le Nil arrose, comme la plus invariable.»[2]

Nature de cette digue.

Cette bande de rochers calcaires qui forme le rivage de la mer depuis la pointe d'Aboukir jusqu'à la tour des Arabes et au delà, est presque constam-

1. Voyage du duc de Raguse; tome III, page 153.
2. De Rozière, *loc. cit.*, page 547.

ment battue par les vents régnants du nord et du nord-ouest. L'action des vagues poussées contre cette côte en occasionne la destruction. On trouve, en la parcourant au sud-ouest d'Alexandrie, les vestiges d'anciens ouvrages creusés dans le roc, parmi lesquels on distingue celui que les voyageurs ont désigné sous le nom de *Bains de Cléopâtre*, et les catacombes pratiquées sous l'ancien quartier d'Alexandrie, appelé *Nécropolis*.[1]

Catacombes et autres cavités qui y sont creusées.

Le terrain des catacombes est un désert aride, où des rochers de grès calcaire marin percent à travers un sable d'un jaune rougeâtre, apporté par la mer et par le vent et ammoncelé en forme de dunes. Les rochers sont remplis de cavités, les unes pareilles à celles que la mer creuse, les autres artificielles, telles que des niches pour des sépultures ou des entrées dans les grandes cavités souterraines destinées aux morts et connues sous le nom de catacombes. Beaucoup de ces entrées sont actuellement baignées par la mer, et même, en partie, couvertes par elle; et, comme il est difficile de croire qu'il en ait été ainsi depuis l'origine, on est conduit à penser que la mer empiète ici sur la terre; ce qui est facile à admettre sans avoir besoin de recourir à des explications savantes, lorsqu'on voit combien les roches qui forment la côte, sont facilement destructibles et avec quelle force la mer les bat. En suivant au nord-est le prolongement du même rivage dans la direction d'Aboukir, on retrouve d'autres traces d'une destruction semblable. On observe aussi des apparences analogues près d'Aboukir même.

1. Girard, *loc. cit.*, page 400.

La plus grande partie des entrées des catacombes, ainsi qu'un grand nombre de puits, dont les escaliers paraissent avoir donné les moyens d'y descendre, sont remplis et couverts par le sable du désert, qui rend très-difficile l'accès de celles de ces ouvertures qui sont encore ouvertes en partie. Les catacombes sont très-vastes : elles sont actuellement habitées par les hyènes et les chacals, et de là vient qu'on y trouve une grande quantité d'ossements d'animaux qui y sont entraînés et dévorés par ces bêtes féroces.[1]

M. Russegger attribue une origine très-moderne au calcaire qui forme le noyau de cette digue.

La plupart des géologues qui ont visité l'Égypte considèrent le calcaire d'Alexandrie comme étant d'une formation antérieure à la période actuelle; mais M. Russegger, qui a exploré ces contrées en 1836, le regarde comme de formation contemporaine, et il pense même qu'une formation semblable, mais plus cachée par les sables, se produit actuellement sur toutes les côtes du Delta.... « Toute la côte de la Basse-Égypte, depuis la tour des Arabes jusqu'à la bouche de Dybeh, près de l'isthme de Suez, forme, dit-il, une suite de récifs rocheux, recouverts çà et là de dunes. Ces récifs, qui résistent comme une digue puissante aux vagues de la mer, sont composés d'une roche dont la formation se continue encore sous nos yeux, d'un grès marin récent, résultant de l'agglutination de coquilles brisées et de coquilles microscopiques. Parmi les débris organiques dont ce grès se compose, on trouve aussi très-fréquemment des coquilles d'eau douce et terrestres que le Nil entraîne dans la mer, et que la mer rejette sur la

1. J. Russegger, *loc. cit.*, tome Ier, page 211.

côte pêle-mêle avec des coquilles marines. M. Hauer a bien voulu, continue M. Russegger, examiner les coquilles microscopiques contenues dans le sable marin rapporté par moi d'Alexandrie, et y a trouvé les genres et espèces qui suivent: *Polystomella crispa*, d'Orb.; *Rosalina Beccarii*, d'Orb.; *Troncatulina tuberculata*, d'Orb.; *Triloculina*, *Quinqueloculina*, *Peneroptis*, *Rotalina*, *Serpula*, *Cornalina Ehrenbergii*, Münst.; *Rotalia subrotunda?* De plus, des baguettes et des assules microscopiques d'oursins; des coquilles indéterminées en forme de disques et de vis, des polypiers, des opercules d'hélix, des pattes de crabes et autres débris d'animaux testacés. La couleur de ce grès marin est d'un blanc grisâtre: sa consistance n'est pas très-grande; cependant il est çà et là assez solide pour être employé comme pierre de construction, et les anciens y ont creusé d'innombrables catacombes, ainsi que les excavations nommées Bains de Cléopâtre. De nombreuses coquilles perforantes y ont creusé leurs demeures, et sa rapide destruction par l'action de la mer lui donne l'aspect d'un corps rongé et celluleux.»[1]

Doutes et probabilités à ce sujet.

L'opinion qui regarde ce grès comme étant, en totalité, de formation contemporaine, et qui suppose qu'il continue de nos jours à se produire sur toute la côte du Delta, rencontrera probablement plus d'un contradicteur; mais M. Newbold y a peut-être apporté le seul correctif dont elle ait besoin dans un mémoire qu'il a communiqué à la Société géologique de Londres le 29 juin 1842. Cet habile

1. J. Russegger, *loc. cit.*, tome I.er, page 263.

observateur, l'un des officiers les plus instruits des troupes indiennes de la Compagnie anglaise des Indes orientales, élablit une distinction entre les calcaires analogues à ceux du désert de Libye, sur lesquels est bâtie l'ancienne Alexandrie, et les calcaires modernes qui concourent avec les sables à la composition du sol de la ville moderne[1]. M. d'Orbigny, en examinant au microscope les vases sablonneuses qui s'accumulent dans le port d'Alexandrie, les a trouvées composées en grande partie de *petits foraminifères;* observation qui vient à l'appui de l'idée de M. Newbold.

Il est certain en tout cas, que si cette côte est constamment rongée par la mer, l'action des flots et celle des vents tend aussi à l'accroître en accumulant des sables dans les endroits abrités. La petite presqu'île du Marabou, au sud-ouest d'Alexandrie, était dans l'origine le seul promontoire qu'elle présentât: elle en offre aujourd'hui un second, formé par la liaison qui s'est établie entre la terre ferme et l'ancienne île de *Pharos*.

Ile de Pharos. Le massif de cette île s'élève sur une ligne de rochers sous-marins qui règne parallèlement au rivage et à 3000 mètres de distance. Son sol aride et salin n'offre, comme la côte voisine, qu'une roche calcaire, dont la couleur blanchâtre, que le soleil rend toujours éblouissante, repousse et fatigue la vue[2]. La pointe de cette île qui regarde le sud-ouest,

1. Lieutenant Newbold, *On the geology of Egypt. Proceedings of the geological Society of London*, tome III, page 782.

2. Gratien Le Père, Mémoires sur la ville d'Alexandrie. — Description de l'Egypte : état moderne; tome II, 2.e partie, p. 276.

porte en arabe le nom de *Roudah el tyn* (le jardin des figues), à cause de la facilité avec laquelle les figuiers y croissent[1]. Le cap qui la termine, et qu'on appelle *Cap des figuiers*, continuellement attaqué par les flots, n'a pu résister à leur action. On aperçoit vers le large, sur son prolongement vers le sud-ouest, une suite de catacombes, qui avaient été creusées au-dessous du niveau de la mer; les eaux ont envahi l'espace qu'elles occupaient, ainsi que l'emplacement de catacombes semblables dont la partie septentrionale de la presqu'île était bordée.[2]

Pharos était encore une île lorsque, dans l'année 332 avant J.-C., Alexandre, frappé de l'avantage de la situation et de la beauté du lieu, choisit la partie de la digue rocheuse du lac Maréotis qui lui faisait face et qui était la plus large, pour la fondation de la ville à laquelle il donna son nom et dont on y voit encore les ruines. Les débris en sont immenses. Ils forment en quelques points des monticules assez considérables pour que l'armée française ait pu y construire, en 1798, des forts que le pacha a conservés[3]. On trouve aussi sur cet emplacement des monuments très-remarquables, tels que les Aiguilles de Cléopâtre, la colonne dite de Pompée; on y voit également les catacombes, dont j'ai déjà parlé, et les citernes que les anciens avaient creusées dans le roc.

Emplacement de l'ancienne Alexandrie.

Grandeur de ses ruines.

Arrondie dans sa longueur, qui était de 30 stades (5555 mètres, ou une lieue marine), la ville an-

1. Gratien Le Père, *loc. cit.*
2. Girard, *loc. cit.*, p. 400.
3. Voyage de M. le duc de Raguse; tome III.

tique s'allongeait en pointes par les extrémités sur deux isthmes qui la reliaient au continent. « Dans sa partie la plus large elle avait 10 stades (1850 mètres), et seulement 7 ou 8 stades (1300 à 1500 mètres) sur les côtés. La largeur des deux isthmes était de 7 à 8 stades (1300 à 1500 mètres); la longueur de celui de l'ouest, sur lequel était le faubourg de Nécropolis, était au moins de 10 milles (18,520 mètres), et il s'élargissait ensuite avant de se réunir au continent d'Afrique. Il était coupé par le canal qui faisait la communication du lac Maréotis avec la mer; l'isthme de l'est, par lequel on allait à Canope, trouvait plus tôt le territoire d'Égypte.

« A strictement parler, ce n'était donc pas du continent que l'île du Phare était voisine, lors de la fondation d'Alexandrie; mais d'une bande de terre très-étroite et très-longue, sur laquelle la ville était placée, et qui masquait un très-grand espace qui était encore du domaine des eaux. »[1]

Heptastadium; digue construite par Alexandre pour unir l'île de Pharos à la côte.

Afin de créer à sa nouvelle ville un port sûr et commode, Alexandre réunit cette langue de terre à l'île de Pharos par une levée de 7 stades (1296 mètres) de longueur, qu'on nomma *Heptastadium*, et qui la rattacha non à la terre ferme proprement dite, « mais à une autre digue, qui s'était naturellement formée en travers d'un golfe qu'elle barrait et qu'elle séparait du reste de la mer. Toute la largeur du lac Maréotis était la profondeur qui restait encore à ce

1. Dolomieu, Mémoire sur la constitution physique de l'Égypte: Journal de physique; tome XLII, page 199 (1793).

golfe lorsque Alexandre fut séduit par la beauté d'une situation si avantageuse au commerce intérieur et aux relations étrangères. Une simple rangée de rochers avait servi de point d'appui aux sables qui s'étaient accumulés à leurs pieds.»[1]

Quatre passes, qui coupent la ligne de rochers sous-marins dont nous avons parlé, forment les entrées du port principal créé par Alexandre, qui porte aujourd'hui le nom de port vieux. Des sables calcaires, poussés et amoncelés par les vents, sont venus s'accumuler au fond de ce port, où ils ont formé contre l'Heptastadium le grand atterrissement sur lequel la ville actuelle des Turcs est bâtie.

Sables accumulés le long de cette digue.

«C'est, en effet, presque uniquement aux sables que les vents apportent, qu'on peut attribuer cette portion d'atterrissement de plus de 200 toises (390 mètres, et plus exactement d'après les cartes modernes de 740 mètres) de largeur, qui a eu pour point d'appui la digue par laquelle on avait autrefois uni l'île du Phare à la terre ferme; les sables accumulés des deux côtés de cette digue ont préparé le local sur lequel a été placée la nouvelle ville d'Alexandrie, quand on a laissé déserte l'enceinte de l'Alexandrie des Arabes, qui conservait cependant dans ses citernes les seuls moyens d'avoir de l'eau douce.»

«Lorsqu'Alexandre fit joindre l'île du Phare à la terre ferme, et donna de cette manière deux ports à Alexandrie, on sentit la nécessité de les faire communiquer entre eux, afin que les vaisseaux pussent sortir dans presque toutes les saisons. On laissa à

1. Dolomieu, *loc. cit.*, page 199.

cet effet deux ouvertures dans l'Heptastadium : ces deux ouvertures se sont fermées en même temps que l'Heptastadium s'est élargi par les atterrissements.»[1]

Ainsi s'est formée sur la faible base d'un ouvrage élevé par la main des hommes, une levée naturelle, semblable à celle qui joint Cherchell au continent, et dont j'ai déjà cité beaucoup d'autres exemples.

Alexandrie est le seul port de l'Égypte où il y ait assez d'eau pour que de grands bâtiments puissent y mouiller, et dans lequel on puisse entrer en toutes saisons. On sait que le vice-roi, Méhémet-Ali, y a construit une marine formidable, qui compte plusieurs vaisseaux à trois ponts.

Les deux ports d'Alexandrie.

Cette ville a réellement deux ports; l'un, qu'on appelle le vieux port, l'*Eunostos* des anciens, est le plus grand et de beaucoup le meilleur; mais il n'a que des entrées étroites et difficiles, entre des rochers à fleur d'eau. Dans la plus profonde on trouve de 25 à 30 pieds d'eau (8 à 10 mètres); l'ancrage y est bon.

Le nouveau port est situé à l'est de la ville. Un banc de sable, espèce de chemin couvert qui réunit la pointe septentrionale de l'île de Pharos au rocher isolé sur lequel est bâti le château du phare, donne naissance, au nord-est de la levée, à ce second abri, qu'on appelle le port neuf : il est plus petit, moins bon que le port vieux; il a un fond rocheux et mobile; il est exposé aux vents du nord. Des sables se sont aussi accumulés au fond du port neuf contre

1. Lancret et Chabrol, *loc. cit.*, tome II, page 193.

l'Heptastadium, et ont produit la place qui sépare la ville moderne des Turcs de celle que les Arabes démembrèrent de la ville d'Alexandrie dans les siècles du moyen âge.[1]

Phare construit par Cléopâtre.

La côte d'Égypte ne présentant aucune éminence qui puisse la faire reconnaître aux navigateurs, ils sont exposés à échouer sur une vase sablonneuse, et ce fut pour les garantir de ce danger que Cléopâtre se détermina, au dire d'Ammien Marcellin, à faire élever, à l'entrée du port d'Alexandrie, une haute tour, qui fut appelée le *phare*, du nom de l'île de Pharos, où elle était construite.[2]

Constructions du vice-roi Méhémet-Ali.

Les principaux édifices publics de l'Alexandrie du 19.e siècle, devenue un port militaire, comme le palais du vice-roi, l'arsenal, l'hôpital, etc., sont également bâtis sur l'île de Pharos.

Alexandrie se trouve à 14 milles de la bouche canopique du Nil, la plus occidentale de toutes. Cette ville n'a pas d'eau naturellement : pendant une partie de l'année elle reçoit de l'eau du Nil par un canal.

Canal d'Alexandrie.

Le canal d'Alexandrie, appelé aujourd'hui canal de *Rahmânyeh*, creusé il y a plus de 2000 ans, et qui a 80 à 90 kilomètres de développement, recevait jadis toute l'année les eaux du Nil; en arrivant à Alexandrie il tournait au pied du monticule sur lequel se trouve la colonne de Pompée ou de Sévère, et tombait dans le port vieux d'Alexandrie, où l'on voit encore son entrée. Cette dernière partie de l'ancien canal a été utilisée pour le nouveau canal que

Canal *Mahmoudieh*.

1. Girard, *loc. cit.*, page 401.
2. Girard, *loc. cit.*, page 371.

Méhémet-Ali a fait établir pour joindre Alexandrie avec le Nil; il a été commencé en 1819, sous le règne du sultan Mahmoud, et on l'appelle le canal *Mahmoudieh :* il a 77 kilomètres de longueur et conduit à Adfueh, sur la branche de Rosette, en face de la ville de Fouah. On a pu le dériver d'un point du Nil situé à 12 kilomètres au-dessous du point de dérivation de l'ancien canal, en raison de l'élévation que le lit du Nil et ses rives ont éprouvée depuis l'époque d'Alexandre. L'eau du Nil y coule naturellement pendant les crues; on remplit alors les citernes, les seules constructions de l'ancienne ville que les Turcs ont épargnées; on laisse le canal plein durant toute la saison pendant laquelle le Nil est bas; mais cette eau finit par se corrompre, parce qu'elle est stagnante : elle n'est plus employée alors qu'à l'irrigation, et les habitants d'Alexandrie se servent de l'eau conservée dans les citernes.

La digue rocheuse sur laquelle avait été bâtie l'ancienne Alexandrie, et qui n'a guère, dans quelques endroits, plus de 1000 mètres de largeur, s'étend au loin vers l'ouest; mais au delà du Marabou, qui se trouve vers l'extrémité occidentale de l'emplacement de la ville antique, on ne rencontre plus ni golfe ni cap : le rivage est droit et sans aucune inflexion bien marquée jusqu'à une très-grande distance et bien au delà de l'ancienne *Taposiris,* dont les ruines se voient encore à une petite distance d'Alexandrie, dans la position indiquée par les auteurs anciens.

Du côté opposé la côte se prolonge au nord-est à partir du port neuf d'Alexandrie, jusqu'au fort

d'Aboukir, bâti sur une pointe du rocher qui termine cette côte au nord-est : c'est la dernière limite de la base solide du rivage d'Afrique.[1]

La position d'Aboukir, relativement aux bouches du Nil, a beaucoup d'analogie avec celle de Foz par rapport aux bouches du Rhône. La position d'Alexandrie correspond de même à peu près à celle du port de Bouc, et le canal d'Alexandrie peut être comparé à la Fosse mariane.

Immédiatement à la suite des massifs rocheux d'Aboukir commencent des dunes assez élevées et assez fixes pour qu'on ait pu y construire des ouvrages de fortification[2], et toute la plage qu'on parcourt en allant d'Aboukir à Rosette entre la mer et les eaux salées du lac Mádieh, ou les eaux douces du lac d'Edkou, est sablonneuse et couverte de dunes.[3]

«Le rivage d'Égypte, dit M. Gratien Le Père, en se prolongeant à l'est, depuis la rade d'Aboukir, ne présente aucun banc de matière solide qui puisse résister aux efforts de la mer; ce n'est plus qu'une plage sablonneuse, qui s'élève à peine au-dessus des eaux, et derrière laquelle le terrain, plus déprimé, est submergé pendant une grande partie de l'année, submersion qui forme les lagunes littorales dont nous avons déjà parlé. La plus occidentale est le lac Maréotis; vient ensuite le lac Mádieh (*Baheyreh Mádieh*). Les eaux de ce lac participent de la salure de la mer, avec laquelle elles com-

Prolongement de la côte jusqu'à Aboukir.

1. Girard, *loc. cit.*, page 401.
2. Voyage de M. le duc de Raguse; tome III, page 190.
3. Girard, *loc. cit.*, page 401.

Prolongement de la côte d'Aboukir à la bouche de Rosette.

muniquent par un Boghâz, qui occupe à peu près l'emplacement de l'ancienne bouche canopique. Il y existe un passage d'eau (*Mádieh*) sur la route d'Alexandrie à Rosette. Le Boghâz, dont la largeur est de 400 mètres, est situé au centre d'une anse profonde qui forme la rade d'Aboukir, à une distance de 6000 mètres sud-sud-est du cap de ce nom. Sa profondeur varie de 2 à 5 mètres, suivant la direction, la force et la durée des vents. Ce lac est séparé de la mer par une langue de terre sablonneuse, sur laquelle existent les restes d'une digue, construite partie en pierre, partie en bois, qui fut rompue en 1715 par un violent coup de mer, et qui, auparavant, maintenait à sec l'emplacement du lac Mádieh.[1] » Le vice-roi actuel, Méhémet-Ali, a fait rétablir cette digue lorsqu'il a fait construire le canal Mahmoudieh. En 1799 la profondeur moyenne des eaux du lac Mádieh était d'un mètre.

Lac Mádieh ; son lido.

Lac d'Edkou.

Des lagunes et des langues de terre analogues s'étendent le long de la baie d'Aboukir et jusqu'à l'embouchure de la branche de Damiette. Après le lac Mádieh vient celui d'Edkou, espèce de lagune d'eau douce formée par les dérivations du Nil, qui submergent des terrains bas pendant une grande partie de l'année depuis Rahmânyeh jusqu'à Rosette.[2]

« Le *Baheyreh Edkou* ou lac d'Edkou, était encore considérable avant l'expédition française : sa

1. Gratien Le Père, *loc. cit.*, page 470.
2. Girard, *loc. cit.*, page 348.

pêche formait le revenu principal du canton d'Edkou : mais depuis, ce lac était presque entièrement desséché, parce que les digues des canaux qui y versent les eaux du fleuve n'avaient pas été ouvertes.

« Dans l'inondation de l'an VIII à l'an IX (septembre 1800), les habitants d'Edkou obtinrent du Gouvernement français l'ouverture de la digue de Beyrout.... L'inondation fut si abondante, que les eaux du lac, qui s'élevèrent de 50 à 60 centimètres au-dessus du niveau des eaux de la mer, causèrent quelques dégâts dans le pays, et qu'elles s'ouvrirent une bouche à la mer de 150 mètres environ de largeur, sur une profondeur de 3 à 4 mètres. »[1]

Côte entre les deux grandes bouches du Nil.

A l'est de la branche de Rosette, entre elle et celle de Damiette, se trouve un quatrième lac, qui était connu des anciens sous le nom de lac de *Butos*, et qui porte aujourd'hui celui de lac Bourlos[2]. Sa plus grande longueur est de 60 kilomètres, et sa plus grande largeur de 30. M. Gratien Le Père évalue sa surface à 112,840 hectares : il présente une multitude d'îles qui servent de refuge aux pêcheurs. La profondeur des eaux n'y est, en général, que d'un mètre : aussi y navigue-t-on difficilement.

Lac Bourlos.

Le lac Bourlos occupe un espace très-étendu le long de la côte du Delta. Il reçoit la branche sébennytique du Nil, branche qui était très-considérable du temps des anciens Égyptiens.

Cordon littoral qui le sépare de la mer.

« Une langue de terre, ou plutôt une simple crète de sable, sur laquelle s'élèvent de petites dunes de

1. Gratien Le Père, *loc. cit.*, page 471.
2. Du Bois-Aymé et Jollois, Voyage dans l'intérieur du Delta. — Description de l'Égypte : état moderne, tome II, page 91.

distance en distance, sépare le lac Bourlos de la mer. Cette crète se prolonge, en s'amincissant de plus en plus, du sud-ouest au nord-est, depuis le boghâz ou l'embouchure de Rosette jusqu'à l'embouchure du lac, à 60 kilomètres plus loin : cette dernière est la seule ouverture par laquelle s'écoulent à la mer toutes les eaux de l'intérieur du Delta; elles y entretiennent, suivant les saisons, un courant plus ou moins rapide. Le boghâz de Bourlos, dans sa largeur, variable de 200 à 250 mètres, offre 3 à 5 mètres d'eau de profondeur, suivant l'état du fleuve.»[1]

Dunes de la côte septentrionale du Delta.

« Au delà de l'embouchure du lac Bourlos, la plage sablonneuse, dont la côte est formée, s'élargit tout à coup; les dunes s'y élèvent davantage à l'abri des plants de palmiers et de vignes que cultive la population de douze à quinze villages, qui dépendent tous de celui de *Baltyr,* autour duquel ils se groupent. Ces établissements couvrent le cap Bourlos, la pointe la plus septentrionale de l'Égypte; quand on les a dépassés, la plaine de sable qui borde la mer, court vers le sud-est sur la largeur d'un myriamètre environ; et c'est en cheminant à travers les sables de cette plaine inculte, dont une ramification du canal d'el Tâbânyeh arrête l'extension vers les terres du Delta, que l'on arrive à l'embouchure de la branche de Damiette, après une marche de 80 kilomètres environ.»[2]

Côte à l'est de la bouche de Damiette.

Au delà de la bouche de Damiette on retrouve un état de choses tout à fait analogue. La portion

1. Gratien Le Père, *loc. cit.*, page 472.
2. Girard, *loc. cit.*, page 349.

de l'Égypte comprise entre la branche orientale du Nil et la plaine inculte de l'isthme de Suez, se termine, du côté de la mer, comme le Delta proprement dit, par un grand lac, qui a reçu son nom de la ville de Menzaleh, qui se trouve sur la rive méridionale. C'est le plus grand des lacs de l'Égypte; sa surface est évaluée par M. Gratien Le Père à 183,844 hectares.[1]

Lac Menzaleh.

« L'embouchure du Nil à Damiette est, comme celle de la branche occidentale de ce fleuve, en saillie sur la côte; elle s'avance même un peu plus vers le nord. A droite de cette embouchure commence la bande sablonneuse qui forme la digue extérieure du lac Menzaleh : elle court du nord-ouest au sud-est; elle est bordée intérieurement de quelques arbustes et de quelques dunes qui s'élèvent peu au-dessus du sol, et ne diffère de celle du lac Bourlos qu'en ce qu'elle est beaucoup plus étroite et que les dunes y sont beaucoup plus rares. »[2]

Barrière littorale qui le sépare de la mer.

La courbe régulière que présente le bord de la mer le long du lac Menzaleh, est donc formée tout simplement par une barrière littorale analogue à celle qui borde les lagunes de Venise, tronçonnée de la même manière et offrant aussi plusieurs ouvertures qui permettent d'entrer de la mer dans le lac. Cette langue de terre, assez large entre Damiette et Dybeh, et entre Omm-Fâreg et Péluse, n'a que très-peu de largeur entre Dybeh et Omm-Fâreg; elle est très-basse, sans culture, et, comme les îles du

1. Gratien Le Père, *loc. cit.*, page 480.
2. Girard, *loc. cit.*, page 350.

lac, couverte en quelques endroits de plantes marines. La plage n'est pas riche en coquillages; on n'y voit ni cailloux roulés ni d'autres pierres, mais seulement quelques ponces que la mer amène.»[1]

Dans les mois de septembre et d'octobre 1798, c'est-à-dire, peu de temps après l'établissement de l'armée française en Égypte, le général Andréossy, secondé par quelques ingénieurs, et entre autres par M. Févre, aujourd'hui inspecteur général des ponts et chaussées, leva le plan du lac Menzaleh, et reconnut la langue de terre qui sépare ce vaste lac de la mer, en la mesurant dans tout son développement, qui est de plus de 89,000 mètres; et il en fit sonder toutes les passes. Cette barrière littorale s'étend fort loin à l'est le long de la côte. Au delà du lac Menzaleh se trouve l'ancienne bouche pélusiaque du Nil; et plus loin, dans la direction d'*el Arisch*, se présentent encore des lagunes, situées, comme les étangs de Mauguio et de Thau, derrière le cordon littoral.

L'intervalle entre Damiette et Péluse est, en ligne droite, de 83,850 mètres. Le lac Menzaleh s'étend du nord-ouest au sud-est dans une grande partie de cet intervalle, depuis les environs de Damiette jusqu'à la plaine de Péluse sur une longueur de 55 kilomètres. Les eaux qu'il reçoit de l'intérieur se dégorgent à la mer par trois embouchures ouvertes dans la crête de sable qui l'en sépare. Ces trois ouvertures sont, en allant de l'ouest à l'est, celles de Dybeh, de Gemyleh et d'Omm-Fâreg, dont la première et la dernière correspondent précisément à

Ouvertures qu'elle présente.

1. Andréossy, *loc. cit.*, page 266.

l'extrémité de chacun des canaux d'Achmoun et de Moueys. Le prolongement de leur cours à travers les eaux du lac se distingue aisément, lors de l'inondation, par l'eau douce qu'on y puise, tandis que, hors de ces courants, l'eau est plus ou moins saumâtre[1]. Les deux bouches de Dybeh et d'Omm-Fâreg, qui sont les bouches mendésienne et tanitique des anciens, sont seules praticables aujourd'hui; mais entre ces deux bouches il en existe une troisième (la bouche de Gemyleh), qui aurait communication avec la mer sans une digue factice formée de deux rangs de pieux, dont l'intervalle est rempli de plantes marines entassées. On trouve une bouche semblable, mais comblée, au delà de celle d'Omm-Fâreg.

« Chaque bouche est fermée, du côté de la mer, dit le général Andréossy, par une barre en portion de cercle, dont les extrémités se rattachent à la côte, à l'endroit des récifs. Ces barres diffèrent de celle qui se trouve à l'embouchure du Nil à Damiette, et qui, d'ailleurs, a la même figure et la même position, en ce qu'elles n'ont point de boghâz (goulet). »[2]

« Les eaux du lac Menzaleh ont une saveur moins désagréable que celles de la mer : elles sont potables pendant l'inondation du Nil à une assez grande distance de l'embouchure des canaux qui, tel que celui de Moueys, se déchargent dans le lac[3]. » Leur niveau est sujet à varier comme celui des autres lagunes littorales de l'Égypte. « Durant le solstice

Région des eaux du lac Menzaleh.

1. Girard, *loc. cit.*, page 350.
2. Andréossy, *loc. cit.*, page 267.
3. *Idem, ibid.*, page 265.

d'été, le vent du nord-ouest pousse les eaux de la mer sur une partie des côtes de l'Égypte, les y tient suspendues, et fait refluer les eaux du lac Menzaleh sur ses îles basses et sur ses bords : le lac lui-même reçoit les eaux de l'inondation qui lui sont fournies par les canaux qui y aboutissent; c'est le moment de la plaine pour ce vaste bassin. Lorsque le vent du nord-ouest cesse, les eaux de la mer, en retombant par leur poids, laissent à découvert une plage d'environ 200 mètres : l'inondation du Nil commence à baisser; les eaux du lac se retirent de dessus la partie des îles qu'elles recouvraient, comme les eaux de l'inondation abandonnent le sol de l'Égypte, et il se forme aux deux bouches de Dybeh et d'Omm-Fâreg un courant du lac dans la mer, dont la vitesse est d'environ 3000 mètres à l'heure.»[1]

Sa profondeur. « La profondeur générale du lac Menzaleh est d'un mètre; mais on trouve depuis 2 jusqu'à 5 mètres d'eau dans la direction des anciennes bouches tanitique et mendésienne.

« Le fond du lac est d'argile, mêlée de sable aux embouchures; de boue noire dans les canaux de Dybeh et d'Omm-Fâreg; de vase ou de vase mêlée de coquillages partout ailleurs.»[2]

Nature de son fond. « La nature du fond du lac Menzaleh, où l'on trouve partout la vase du Nil, et la faible profondeur de ses eaux, qui est généralement d'un mètre, tandis qu'elle est beaucoup plus considérable dans les directions présumées des branches tanitique et men-

1. Andréossy, *loc. cit.*, page 267.
2. *Idem*, *ibid.*, page 265.

désienne, annoncent évidemment que le bassin du lac Menzaleh est un terrain d'alluvion formé par les branches du Nil, et non par le mouvement des eaux de la mer. »

En cela le lac Menzaleh rappelle complétement la partie orientale de l'étang de Mauguio, et il est difficile de deviner les motifs qui ont porté le général Andréossy à dire que ce lac ne ressemble pas à ceux qu'on voit sur les côtes des ci-devant Languedoc et Roussillon.

Iles actuelleme habitées.

« Le lac Menzaleh renferme un grand nombre d'îles et d'îlots. Les îles, qu'on voit à fleur d'eau, sont incultes, stériles, et l'on n'y trouve d'autres productions que des plantes marines. Les îles de *Matarieh*, les seules du lac qui soient habitées, sont très-populeuses. Les cahutes qui récèlent leurs habitants, bâties de boue, ou partie de briques et partie de boue, couvrent entièrement leur surface... Outre les femmes et les enfants, on y compte onze cents hommes occupés à la pêche et à la chasse des animaux aquatiques. Cinq à six cents barques naviguent sur le lac Menzaleh. Cette navigation se fait à la voile, à la rame, à la perche.

Navigation du l

Pêche.

« Le lac Menzaleh est très-poissonneux. Les produits de la pêche sont du poisson frais, du poisson salé et le boutargue[1] » (œufs du poisson appelé mulet, qu'on pêche près de la bouche de Dybeh).

Iles anciennem habitées.

Outre les îles basses dont nous venons de parler il y a un instant, on voit dans le lac Menzaleh, dit le général Andréossy, des îles anciennement habi-

1. Andréossy, *loc. cit.*, page 264.

tées, couvertes de décombres : elles présentent un relief assez considérable au-dessus de l'eau; ce qui leur fait donner par les habitants le nom de *montagnes :* ils disent la *montagne de Tennys*, la *montagne de Tounah*, la *montagne de Samnah.*

Ruines de Tennys, de Tounah, etc. Ces îles étaient des villes et le lac Menzaleh était appelé autrefois *lac Tennys.* Les ruines de Tennys sont à 9000 mètres de la plage actuelle de la mer, et celles de Tounah à 16,600. En dedans de la plage se trouve une levée de sable de 500 mètres de largeur moyenne, que nous avons déjà décrite; puis, dans le lac même sont quelques îles basses, dispersées çà et là, au milieu desquelles se distinguent celles sur lesquelles les villes antiques dont nous venons de parler, comme toutes celles qu'atteignait l'inondation, s'élevaient sur des levées artificielles, qui paraissent n'avoir rien perdu de leur hauteur originaire. La terre, mêlée de décombres, sur laquelle on y marche à présent, est entièrement inculte, et sa surface est saisie par une espèce de cristallisation, en sorte que le terrain crie et cède sous les pieds, comme la neige qui commence à geler; ce qui rend ces îles très-pénibles à parcourir.

Tennys, ville romaine, bâtie sur les débris d'une ville égyptienne, florissait du temps d'Auguste. C'était une vaste cité; « une enceinte de murailles, flanquée de tours, avec un fossé plein d'eau, faisait sa défense. Elle ne présente aujourd'hui aucune habitation : des vestiges de bains, quelques ruines de souterrains voûtés avec art, dont les murs sont recouverts d'un ciment très-dur et très-bien conservé, les fragments d'une cuve rectangulaire de granit

rouge; tels sont les seuls monuments que l'on distingue au milieu de débris immenses de briques, de porcelaines, de poteries et de verreries de toute couleur.»[1]

Ressemblance des positions de Tennys et de Venise remarquée par Dolomieu.

Même avant l'expédition d'Égypte, qui nous a donné sur ces ruines des notions si précises, l'analogie de leur situation avec celle de Venise n'avait pas échappé à Dolomieu, non plus que celle du lac Menzaleh et des autres lacs dont nous avons parlé avec les lagunes de l'Adriatique.

«Les nombreuses îles au-dessus desquelles Venise s'élève pour dominer le golfe Adriatique, sont représentées, dit-il, par les îles du lac Menzaleh, sur l'une desquelles était située la ville de Tennys, dont on disait que les habitants étaient tellement pressés par la mer et les lacs, que, la terre leur manquant, les eaux seules fournissaient à leur subsistance; et la barrière qui sépare le lac Menzaleh de la mer, en donnant passage aux eaux par des ouvertures comptées parmi les sept bouches du Nil, ressemblent aux digues naturelles, nommées *il lido,* qui forment le fond du golfe de Venise, en y laissant de pareilles ouvertures et qui soutiennent les efforts des flots.»[2]

Les contours du lac Menzaleh du côté de l'intérieur ont subi, comme ceux des lagunes de Venise et de nos étangs du département de l'Hérault, des changements plus considérables que ceux du littoral, mais qui sont cependant en eux-mêmes assez

1. Andréossy, *loc. cit.*, page 275.

2. Dolomieu, Mémoire sur la constitution physique de l'Égypte : Journal de physique, tome XLII, page 201 (1793).

minimes. Le rameau le plus oriental du Nil n'atteint plus aujourd'hui le débouché de l'ancienne bouche pélusiaque; il s'est déversé sur la gauche et se jette dans le lac Menzaleh, après avoir sans doute élevé son lit par le mécanisme que j'ai indiqué précédemment.

La plaine de Péluse parait être un terrain abandonné par le lac Menzaleh. L'extrémité de la branche pélusiaque, réduite à peu près à un grand canal de fange, traverse cette plaine en allant du lac à la mer. Elle est presque oblitérée; cependant son ancienne embouchure est encore bien marquée, et après avoir franchi la barre qui est à l'entrée, on trouve assez de profondeur d'eau dans une certaine étendue pour y abriter une flottille de petites jermes.

La position de cette embouchure ne paraît pas avoir empiété sur la mer d'une manière bien sensible; on pourrait seulement soupçonner qu'elle a été repoussée vers l'est par la prolongation d'un cordon littoral. Strabon dit, en effet, comme nous l'avons rappelé page 422, que Péluse avait 20 stades de circuit et était à la même distance de la mer; en réduisant même le stade de Strabon à 102 mètres, cela fait 2040 mètres. La distance des ruines de Péluse à la plage est aujourd'hui d'environ 2500 mètres[1]. La différence est peu considérable, et ce ne serait qu'en confondant deux choses distinctes, qu'on pourrait soutenir que la mer est quatre fois plus éloignée de Péluse qu'elle ne l'était du temps de Strabon.

1. Andréossy, *loc. cit.*, page 277.

Les contours méridionaux du lac Menzaleh sont bordés de lacs permanents ou temporaires, plus étendus, peut-être, et plus nombreux qu'ils ne l'étaient du temps des anciens Égyptiens. Cela tient probablement en partie à ce que le Nil ayant élevé le lit et les berges de ses différentes branches plus que le reste du terrain, les parties intermédiaires ont été privées d'écoulement et, par conséquent, noyées. Entre les bouches tanitique et pélusiaque il y a plusieurs lacs, ainsi que de vastes marais, au milieu desquels on compte plusieurs villages. Nous avons déjà parlé, page 425, de la plaine de Daqahlyeh, entre les ruines de Mendès et celles de Tanis, ou entre les anciennes branches mendésienne et tanitique, qui est inondée pendant huit mois de l'année. Mais cet état de choses ne suppose pas de bien grands changements relativement à ce qui avait lieu du temps des anciens; car Strabon représente la ville de Mendès et celle de *Diospolis*, qui en était voisine, comme se trouvant de son temps environnées de lacs.[1]

Ressemblances générales des Delta du Nil du Pô et du Rhône.

La Basse-Égypte présente dans son ensemble une disposition générale fort analogue à celle que j'ai indiquée pour les Delta du Pô et du Rhône. Le lac Bourlos, qui occupe le milieu de la base du Delta, est placé entre les deux branches principales du Nil, à peu près comme l'étang de Valcarès est placé entre les deux branches du Rhône. Le lac Menzaleh et le lac Maréotis sont placés comme la lagune de Comachio et les lagunes de Venise des deux côtés

1. Strabon, cité par M. Girard, *loc. cit.*, page 369.

de l'embouchure du Pô. Ce sont là des configurations qui, avec des variations locales, se retrouvent partout.

Le Delta du Nil se distingue par la fixité de son contour extérieur.

Mais ce qui distingue particulièrement le Delta du Nil, c'est l'invariabilité presque complète de son contour extérieur. Il n'a pas éprouvé ce changement rapide qui a été observé à l'embouchure du Pô. Sous ce rapport le Nil ressemble plus au Rhin qu'au Pô. La côte de l'Égypte est demeurée à très-peu près telle qu'elle était il y a 3000 ans.

Beaucoup des détails des contours de cette côte sont encore tels que les anciens les ont décrits, et nous rappellerons ici quelques parties de la description donnée par Strabon de la côte septentrionale de l'Égypte, pour faire voir combien elle s'accorde avec ce qui existe aujourd'hui.[1]

On reconnaît encore les descriptions que Strabon en a données.

« Après l'embouchure bolbitine, disait Strabon, la côte, en allant vers l'orient, présente une plage basse et sablonneuse qui forme un long promontoire, que l'on appelle la *Corne de l'agneau*; ensuite, en avançant vers l'embouchure sébennytique, on trouve des lacs, dont l'un est appelé *Butique*, du nom de la ville de Butos. » La coupure unique du lac Bourlos paraît être la bouche de l'ancienne branche sébennytique.

Les anciens nommaient Pseudostoma les deux coupures de la digue du lac Menzaleh obstruées de nos jours.

La digue naturelle du lac Menzaleh présente à cet égard quelque chose de plus frappant encore. Elle est traversée par quatre coupures, dont deux, restées ouvertes, sont les bouches des anciennes branches mendésienne et tanitique, tandis que les deux autres, qui sont obstruées, correspondent à

1. Girard, *loc. cit.*, page 369.

celles dont Strabon fait une mention spéciale sous le nom de *pseudostoma* (fausses bouches). Le seul fait de la possibilité de retrouver non-seulement celles de ces bouches qui correspondent à des branches du Nil oblitérées dans l'intérieur, mais même, ce qui est presque incroyable, des ouvertures déjà en partie obstruées du temps des anciens, montre que la côte est ce qu'il y a ici de plus immuable.

Si l'on admettait que près de Péluse la plage, qui présente une courbure concave, a légèrement avancé vers la mer, on pourrait présumer en même temps que, par une sorte de compensation, elle a reculé dans d'autres points.

Discussion de quelques petits changements en sens inverse qui se compensent.

Ainsi, au cap Bourlos, cap bas et sablonneux, qui forme le point le plus septentrional de l'Égypte et le point le plus saillant de la côte du Delta, la plage paraît avoir rétrogradé. « Il semble que la mer envahisse progressivement cette côte; car on trouve aujourd'hui sous les eaux les ruines d'une mosquée et d'un village.[1] » La feuille 40 de l'atlas de l'Égypte marque ces ruines sous la mer un peu en dehors du boghâz de Bourlos. Leur distance à la plage étant peu considérable, rien ne fait présumer que celle-ci ait beaucoup reculé; mais il est toujours évident que depuis un certain nombre de siècles elle n'a pas avancé.

Le point le plus saillant du Delta ayant légèrement rétrogradé, tandis que le fond de l'anse de Péluse a peut-être un peu avancé, on voit que depuis quelques siècles, la convexité du Delta a plutôt

1. Gratien Le Père, *loc. cit.*, page 472.

Le seul changement notable est la formation de deux promontoires aux bouches de Rosette et de Damiette.

Situation de la ville de Rosette.

diminue qu'augmente. Au reste, tous ces changements sont très-petits. Le fait est, que depuis Strabon le cordon littoral qui termine le Delta est resté invariable dans sa forme et dans sa position, abstraction faite des promontoires qui se sont formés aux bouches de Rosette et de Damiette.

La ville de Rosette est bâtie sur la branche occidentale qui représente l'ancienne branche bolbitine, à 11,000 ou 12,000 mètres de l'embouchure ou du boghàz, qui est un goulet très-étroit, ouvert par le courant dans les bancs de sable formant une barre à l'embouchure du Nil et qui sont le résultat des dépôts opérés par le fleuve lorsqu'il perd sa vitesse en arrivant à la mer. Rien n'est plus variable que ce passage : les bancs de sable dans lesquels il est pratiqué, sont continuellement remués par les vagues de la mer; et, lorsque les vents de l'ouest et du nord soufflent avec quelque violence, les eaux du fleuve sont, en quelque sorte, repoussées vers leur source, et le courant s'établit partout où elles éprouvent le moins de résistance[1]. Le port de Rosette est en lui-même assez sûr; mais l'entrée en est difficile, à cause de la barre changeante qui existe à l'entrée du Nil et qu'il est assez difficile de franchir : on ne la franchit avec sécurité que par des vents favorables et à de certaines époques de la marée.

Ruines qui marquent l'emplacement de l'ancienne Rosette : Bolbitine.

La ville actuelle de Rosette, en arabe *Rashyd*, a été fondée vers 870 par les califes dans la position

1. Jollois, Notice sur la ville de Rosette. — Description de l'Égypte : état moderne; tome II *bis*, page 333.

qu'elle occupe près de l'emplacement de l'ancienne *Bolbitine.* Cette coïncidence de position est constatée par la découverte de différents monuments. « On peut admettre, dit M. de Rozière, que le point le plus avancé vers la mer, du temps des Ptolémées, était la ville de Bolbitine, située à l'extrémité de la branche factice du Nil du même nom, qui devait avoir alors assez d'importance pour attirer l'attention. La position de Bolbitine est marquée par la montagne de décombres sur laquelle se voit aujourd'hui la tour d'*Abou-Mandour,* un peu au sud de Rosette.[1] » Il est à croire, dit aussi M. Jollois, que l'emplacement de Bolbitine se trouvait plus au sud que la ville actuelle de Rosette, non loin de la tour d'Abou-Mandour. Au pied de cette tour existe, en effet, une espèce d'anse, qui paraît avoir été un port autrefois, et qui est maintenant comblée par les sables. A une époque, qui n'est pas très-ancienne, on fit des fouilles en cet endroit, et l'on en tira de belles colonnes de granite.[2]

Tour d'Abou-Mandour.

C'est aussi près de Rosette qu'a été découvert le débris antique devenu à jamais célèbre, sous le nom de *Pierre de Rosette,* par les secours qu'il a fournis à Thomas Young et à Champollion pour débrouiller les hiéroglyphes : c'est un bloc de granite, qui porte sur une de ses faces trois inscriptions superposées : les deux premières en égyptien, écrites, l'une en caractères *hiéroglyphiques* ou sacrés, l'autre en caractères *démotiques* ou populaires, et la troisième en

Pierre de Rosette.

1. De Rozière, *loc. cit.*, page 551.
2. Jollois, Notice sur Rosette, *loc. cit.*, page 335.

grec. La pierre de Rosette a été trouvée en 1799 par M. Bouchard, officier du génie, en faisant des fouilles pour la réparation du fort Julien, situé au-dessous de Rosette sur le bord du Nil, à 6500 mètres du rivage actuel de la Méditerranée, dans l'un des points où ce rivage se déplace le plus rapidement.[1]

On croit assez généralement que près de la branche de Rosette le rivage de l'Égypte se déplace très-rapidement. Cette opinion repose sur quelques observations, qui, sans être dénuées de fondement, n'ont cependant pas toute la portée qu'on leur a attribuée. De Maillet, qui a résidé longtemps en Égypte comme consul de France, a dit : « J'ai vu moi-même qu'en 1692, à mon arrivée en Égypte, la mer n'était qu'à une demi-lieue de Rosette, au lieu qu'en 1718 je l'en ai trouvée distante d'une grande lieue.[2] » Cela suppose, en effet, un changement rapide, mais qui, probablement, tenait à des circonstances momentanées; peut-être ne s'agit-il que d'un changement dans la position du boghâz occasionné par quelque coup de vent.

Changements rapides observés par De Maillet.

Conclusions exagérées qu'on en a tirées.

Il est certain, en tous cas, que les personnes qui ont calculé l'accroissement des côtes de l'Égypte d'après l'observation de De Maillet, se sont complétement trompées. Elles ont généralement confondu deux choses qu'on aurait soigneusement distinguées, si on avait seulement jeté les yeux sur les belles cartes de l'Égypte, qui ont été levées pendant l'expédition de l'armée française, et publiées au dépôt de la guerre, sous la direction du colonel Jacquotin.

1. Jollois, *loc. cit.*, page 334.
2. Girard, *loc. cit.*, page 373.

Les feuilles 34, 40 et 41 de cette précieuse collection, et la carte générale réduite, montrent clairement que la côte d'Égypte présente à chacune des deux embouchures actuelles du Nil une irrégularité considérable. Ce sont deux saillies qui se détachent d'une manière très-prononcée en avant de la ligne générale de la côte, ligne qui est elle-même convexe vers le nord, mais d'une manière beaucoup plus douce, et sur laquelle les saillies des deux bouches forment deux espèces d'appendices. Chacune de ces saillies ou promontoires s'ouvre par son milieu pour laisser échapper la branche du Nil à laquelle elle correspond. Chacune d'elles est formée de deux larges musoirs qui accompagnent le fleuve de part et d'autre comme deux jetées immenses.

Saillies que présente la c aux deux embouch actuelles du N

Ces musoirs des bouches du Nil sont formés de sable que le mouvement des eaux du fleuve, joint à celui des vagues de la mer, balance pendant quelque temps, et que le vent finit par entasser sous forme de dunes. Les troubles et les sables entraînés par le fleuve concourent, en effet, à la formation des barres qui obstruent ses embouchures et encombrent la côte. Les vents, dans les tourmentes, soulèvent les sables déposés au fond de la mer et les poussent sur le rivage. Dans le temps des basses eaux, lorsque les sables sont séchés, les vents s'en emparent de nouveau et les portent sur les plages. C'est ainsi, dit le général Andréossy, que « les plages et les dunes s'élèvent, et que les parties couvertes de récifs se convertissent en plages. »[1]

Mouvemen des sable à l'embouch du Nil.

1. Andréossy, *loc. cit.*, page 274.

Formation des dunes.

« La barre qui obstrue l'embouchure du Nil à Rosette, et qui oblige le courant de se bifurquer en deux passes, s'accroîtrait indéfiniment, si l'action des vents ne déterminait pas, d'un côté ou d'un autre de cette barre, le rejet d'une partie des matières dont elle est composée. Celles qui passent sur la rive gauche viennent se ranger à l'ouest de cette embouchure, et courent du nord-est au sud-ouest, le long de la côte orientale de la baie d'Aboukir : elles se mêlent avec celles qui en parcourent la plage, et reviennent encore sur le bord du Nil, où elles sont rejetées de nouveau après être restées quelque temps stationnaires sur les dunes de Damiette et d'Abou-Mandour. »[1]

Le courant littoral qui suit les côtes de la Méditerranée de l'ouest à l'est, se combine avec le cours des branches du Nil et pousse vers l'est les dépôts du fleuve. « Les matières détachées du boghâz et rejetées sur la rive droite du Nil forment la pointe de cette rive et la bande presque rectiligne qui sépare le lac Bourlos de la mer.... Cette langue de sable se prolonge en s'amincissant de plus en plus jusqu'au pertuis de Bourlos, seule issue par laquelle s'évacuent les eaux du lac du même nom et de tout l'intérieur du Delta. »[2]

Embouchure de la branche de Damiette.

L'embouchure de la branche de Damiette donne lieu aux mêmes observations que celle de la branche de Rosette : cette branche ne charrie d'autres sables que ceux qui viennent de la Haute-Égypte, jusqu'à ce

1. Girard, *loc. cit.*, page 401.
2. *Ibidem*, page 481.

qu'elle approche des sables contenus entre son extrémité inférieure, le canal d'Abar-Ghâlyb et la mer; mais alors ceux-ci concourent aussi à l'obstruer. «Poussés par les vents du nord et du nord-est, ces sables, après avoir stationné quelque temps sur les dunes qui bordent la rive gauche du Nil, y sont enfin précipités en partie: le fleuve les entraîne à la mer avec ceux qui viennent de plus haut; et la barre, qui obstrue l'embouchure de cette branche, se forme de leur accumulation. Ces sables sont en partie rejetés sur la plage et entraînés par le vent, d'où naît, comme près de Rosette, une sorte de circulation continuelle.»[1]

Mouvement circulatoire des sables.

L'embouchure de la branche orientale du Nil est située à 12700 mètres au-dessous de la ville de Damiette, qui lui donne son nom. La barre qui existe à l'entrée de la rivière, empêche que les vaisseaux d'un fort tonnage ne puissent arriver à Damiette : on les décharge hors de la barre. C'est sur des bateaux grecs et égyptiens qu'on fait le transport jusqu'à la ville, qui est bâtie sur la rive droite, à 150 kilomètres à l'est de Rosette, à 180 kilomètres nord-nord-est du Caire, et à 12700 mètres de la mer.

Situation de Damiette.

La ville, qui du temps des croisades portait le nom de Damiette, était située à 10400 mètres plus au nord. Vous savez que S. Louis s'est emparé de cette ville lors de sa première croisade, en 1250. Après le départ des croisés, les Sarrasins coulèrent à l'entrée de la rivière des bâtiments chargés de

Position de l'ancienne Damiette.

1. Girard, *loc. cit.*, page 402.

pierres, et renforcèrent ainsi la barre naturelle par des moyens artificiels. En même temps ils obligèrent les habitants à reculer leur ville de 10400 mètres dans l'intérieur. Les ruines de l'ancienne Damiette se voient encore à 2500 mètres de l'extrémité actuelle de cette branche du Nil, et à 700 mètres au-dessous du bourg actuel de *Lesbé*.

Les promontoires qui, comme nous venons de le voir, prolongent au sein même de la mer le lit de chacune des deux grandes branches du Nil actuel, doivent évidemment leur origine à ces mêmes branches.

Les deux branches actuelles du Nil ont envahi la mer depuis longtemps. Elles n'y empiètent que très-lentement.

Elles ont fini l'une et l'autre par déposer leurs alluvions, comme le Pô et le Rhône, en dehors du cordon littoral originaire; mais elles l'ont franchi à une époque extrêmement reculée, et elles n'ont empiété sur la mer qu'avec une lenteur excessive.

Les preuves de cette double proposition sont fournies par des monuments irréfragables.

Le fort Julien et l'ancienne Damiette, situés en dehors du contour général du cordon littoral.

L'emplacement du fort Julien, situé au-dessous de Rosette, et dans lequel on a trouvé la célèbre pierre de Rosette, et celui de la Damiette de l'époque des croisades, sont placés très-sensiblement en avant du contour général du cordon littoral; mais la tour d'Abou-Mandour, qui marque l'emplacement de l'ancienne Rosette (*Bolbitine*), est un peu en dedans de la ligne générale du cordon littoral, et la position actuelle de Damiette, qui paraît être à peu près le point le plus reculé dans l'intérieur où l'on puisse chercher l'emplacement de la Damiette antique (*Tamiathis*), se trouve sur le contour même du cordon littoral.

Ces deux points ont dû être habitables depuis longtemps, indépendamment des changements qui ont pu survenir dans les différentes branches du Nil et dans les lagunes du Delta, et ils ont dû devenir des ports dès la plus haute antiquité. Ils seraient encore l'un et l'autre aux bouches mêmes du Nil, sans les ensablements que le fleuve a fini par produire en dehors du cordon littoral près de ces deux bouches, devenues les principales.

La distance de la tour d'Abou-Mandour à la mer, qui est de 13400 mètres, surpasse notablement l'accroissement qu'on peut supposer que la saillie de la côte a éprouvé depuis 2000 ans.

Lorsqu'on remonte la branche de Rosette on trouve:

1.° A 6700 mètres de sa terminaison dans la mer, le fort Julien, où a été trouvée la pierre de Rosette;

2.° A 11700 mètres le centre de la ville actuelle de Rosette;

3.° A 13400 mètres la tour d'Abou-Mandour, qui marque la place de l'ancienne Rosette (*Bolbitine*).

On traverse le prolongement du contour général de la côte du Delta à 9300 mètres de la terminaison de la branche du Nil, c'est-à-dire entre le fort Julien et Rosette. De là il résulte que l'ancienne et même la nouvelle Rosette sont situées en dedans de l'ancien cordon littoral, mais que le fort Julien se trouve en dehors de cette ligne de 2600 mètres. Ainsi, lorsque la pierre de Rosette a été placée dans le lieu où on l'a découverte en 1799, la branche orientale du Nil avait déjà fait irruption dans la mer de 2600 mètres, et depuis lors elle n'a dépassé ce point que de 6700 mètres.

Mesure des pı
qu'elles y ont

La branche de Damiette présente des faits analogues. Lorsqu'on la remonte à partir de sa terminaison dans la mer, on rencontre, à 2300 mètres de cette terminaison, des ruines sur les deux rives: ce sont sans doute celles de l'ancienne Damiette de l'époque des croisades, puis à 3000 mètres le bourg de Lesbé, et enfin à 12700 mètres la ville actuelle de Damiette.

Or, Damiette se trouve à peu près sur la ligne du contour général des côtes d'Égypte et sur celle du cordon littoral originaire, direction marquée, à l'est de Damiette, par les traînées d'îlots allongés qui traversent la partie nord-ouest du lac Menzaleh. Il résulterait de là que lors de la fondation de la Damiette de l'époque des croisades, la branche de Damiette avait déjà empiété sur la mer de 10400 mètres, et que depuis lors elle n'a plus avancé que de 2300 mètres.

Taux moyen de l'allongement annuel

Il serait intéressant de savoir à combien d'années remonte cet allongement de 2300 mètres. Il remonte certainement à une époque antérieure à celle de l'occupation de l'ancienne Damiette par Saint-Louis (1250), puisque ce ne fut qu'à la suite de son expédition que les Sarrasins firent rétrograder les habitants jusqu'à la position actuelle de Damiette. Cet allongement de 2300 mètres en 600 ans donnerait un peu moins de 4 mètres par an. S'il ne s'est accompli qu'en 1800 ou 2000 ans, il a été bien plus faible encore; mais peut-être pourrait-on supposer que Damiette, reportée en arrière par les Sarrasins, avait été déplacée précédemment en sens inverse, et que la Damiette antique (*Tamiathis*) se trouvait

à peu près sur l'emplacement de la Damiette actuelle.

Pour la branche de Rosette, l'allongement a été de 6700 mètres au plus depuis que la pierre de Rosette a été placée dans le lieu où on l'a trouvée. Si cette période avait été de 1800 ans, on en conclurait un allongement de $3,^{m}72$ par an; mais peut-être pourrait-on supposer que la pierre de Rosette n'a été transportée dans l'emplacement où on l'a trouvée que lors de la construction, probablement assez moderne, du fort Julien. Dans ce cas il faudrait faire le calcul par rapport au point où a été ouverte l'issue de la branche bolbitine à travers le cordon littoral originaire; et en supposant que son ouverture remonte à 2400 ans, ce qui est probablement un minimum, vu que du temps de Strabon l'origine artificielle de la branche bolbitine était déjà une tradition, cela donnerait un maximum de $3,^{m}875$ par an.

On peut donc dire que les branches du Nil ne s'allongent pas moyennement de plus de 4 mètres par an, taux bien différent de celui obtenu pour le lit du Pô, dont l'allongement a été dans les deux derniers siècles de 70 mètres par an. L'accroissement pourrait avoir été momentanément plus rapide; mais les vagues, aidées par le courant de l'ouest à l'est qui rase les côtes de l'Égypte, ont souvent reconquis une partie de leur domaine.

Ainsi, le Nil envahit la mer d'une manière beaucoup moins marquée que le Pô; mais il produit ce phénomène depuis beaucoup plus longtemps. Cette double différence s'explique d'elle-même. Il est moins ra que celui du P

On n'a pas endigué le Nil, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus (page 422), parce qu'alors on l'aurait suspendu au bord de l'Égypte : on l'a laissé, au contraire, s'étendre librement sur l'Égypte, où il répand l'engrais sur les terres. Le sol, par suite, s'y est élevé dans une proportion beaucoup moins inégale qu'en Hollande et dans la Lombardie.

C'est en même temps ce qui fait que le Delta s'est très-peu allongé. Le Pô, étant aujourd'hui bordé de digues, transporte tous ses sédiments jusqu'à son embouchure, où il les accumule rapidement. Le Nil, n'ayant pas de digues, se répand dans ses crues sur de vastes contrées, qu'il fertilise par son limon dont il n'entraîne à la mer que la moindre partie. Si on avait endigué le Nil, les bouches de Rosette et de Damiette formeraient des pointes beaucoup plus allongées que celles qu'elles forment réellement. Le phénomène, quoique ayant des analogies manifestes avec ceux que nous a offerts le Pô, a suivi une marche infiniment moins rapide; et d'ailleurs il n'a pas éprouvé en Égypte de recrudescence temporaire comme dans le bassin du Pô, où les cultures ont pris, à une époque récente, un très-grand développement.

Le limon du Nil est cependant très-abondant, et il a suffi pour niveler promptement tout l'espace situé en arrière du cordon littoral, et pour mettre de bonne heure le Nil dans le cas de se décharger directement dans la mer.

Les branches de Rosette et de Damiette sont les seules qui aient empiété sur la mer.

Il est à remarquer à ce sujet que les branches de Rosette et de Damiette sont les seules branches du Nil qui aient jamais produit le phénomène de l'empiétement direct sur la mer d'une manière sensible.



Il paraît, en effet, que les plus anciennes branches du Nil n'arrivaient à la mer qu'après avoir traversé des lagunes, et que les branches de Rosette et de Damiette, dont l'origine est artificielle, sont les premières qui aient versé leurs eaux directement dans la mer; c'est du moins ce qu'il semblerait naturel de conclure, en voyant que, près de ces deux bouches, il se produit des phénomènes dont les anciennes bouches des branches pélusiaque, tanitique et mendésienne ne présentent pas de traces; je veux parler de la grande accumulation de sable qui entretient près des bouches des branches de Rosette et de Damiette de larges promontoires couverts de dunes de sable très-étendues.

Le contour extérieur du Delta ne présente pas de saillies analogues correspondantes aux autres branches. Celles-ci, plus anciennes que les branches de Rosette et de Damiette, ont versé tous leurs sédiments dans les lagunes littorales, comme le Pô a continué à le faire en grande partie jusqu'au 12.e siècle; et les branches de Rosette et de Damiette ont été les premières qui aient jeté les leurs directement dans la mer. La tradition rapporte que ces deux branches sont d'origine artificielle, et modernes comparativement aux autres; et on ne doit pas oublier que c'est de même à l'extrémité d'un canal artificiel et très-moderne, celui creusé en 1604 par les Vénitiens, que le Pô a produit ses alluvions les plus rapides (voyez ci-dessus page 355).

L'allongement des branches du Nil suppose une élévation correspondante du sol du Delta.

Le lit de chacune des deux branches principales du Nil s'allongeant tous les ans d'un petit nombre de mètres, il faut nécessairement que leur niveau

s'élève au niveau de l'embouchure dans une proportion correspondante pour que les eaux puissent continuer à y couler. Cela suppose une certaine élévation des branches du Nil dans le Delta et du Delta lui-même; mais cette élévation doit être très-faible en raison du très-faible allongement des branches du Nil. Il est probable, cependant, qu'elle a été un peu plus considérable que l'allongement ne le ferait supposer, et que de là est résulté une accélération du courant, qui fait que les branches de Rosette et de Damiette suffisent maintenant pour décharger les eaux du fleuve et qu'il ne se porte presque plus dans les autres branches.

Toutefois, les changements qu'il est permis de supposer dans cet élément essentiel du régime du fleuve, non-seulement depuis les époques historiques, mais même depuis que le Nil coule en Égypte, sont renfermés dans des limites extrêmement étroites; car le Nil a toujours eu besoin d'une certaine pente, et celle qu'il a aujourd'hui est presque aussi faible que possible.

D'après M. Gratien Le Père, le niveau du Nil à Boulâq près du Caire, est, dans les basses eaux, de 5,m285, et dans les grandes crues de 13,m246 au-dessus des plus basses eaux de la Méditerranée[1]. Le développement de son cours de Boulâq à l'embouchure de Rosette ou à celle de Damiette est de 255 kilomètres, ce qui donne une pente moyenne de 0,00002071 ou $4'' + \frac{2}{10}$ pendant les basses eaux, et de 0,00005194 ou $10'' + \frac{8}{10}$ dans les plus grandes crues.

1. Gratien Le Père, Observations sur le profil de nivellement de la vallée du Nil. — Descript. de l'Égypte : état moderne; t. II*bis*, p. 326.

M. de Rozière admet que la pente du Nil dans la partie inférieure de son cours n'excède guère un pied par lieue[1]. Une pente d'un pied par lieue de 25 au degré, équivaut à $\frac{0,32484 \times 25}{1111111} = \frac{32,484}{4444444} = 0,00007309$, et correspond en mesures angulaires à 15″ : ce qui est un taux un peu plus élevé que celui que nous venons de calculer; cela pourrait faire supposer que le Caire, ainsi que l'ont pensé quelques voyageurs, est un peu plus élevé que M. Gratien Le Père ne l'a admis. Toutefois cette dernière pente est encore très-petite, et il serait difficile que des pentes aussi faibles en elles-mêmes aient été beaucoup plus faibles encore à une époque antérieure, quelque reculée qu'on la suppose.

Cette pente n'a pu être beaucoup plus faible.

On peut admettre, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus, que le Nil coule aujourd'hui plus facilement près de ses bouches qu'il ne faisait autrefois; et que c'est là ce qui a fixé son cours dans les deux branches de Rosette et de Damiette et a amené la production des ensablements qui existent à leurs extrémités en dehors du cordon littoral. Le changement de régime dont nous parlons a dû surtout devenir sensible dans les basses eaux près de la limite intérieure des lagunes littorales du Delta : c'est là en effet, comme nous l'avons déjà vu, que la Basse-Égypte actuelle diffère le plus de ce qu'elle était dans l'antiquité.

Le régime du Nil dans toute la vallée d'Égypte, et au Caire en particulier, étant resté sensiblement

1. De Rozière, De la constitution physique de l'Égypte. — Description de l'Égypte : histoire naturelle, tome II, p. 494 (1812).

le même depuis les temps historiques, on en conclut naturellement qu'il a élevé son fond de la même quantité que ses berges. Or, l'élévation absolue de son fond, au Caire, n'étant pas de 5 mètres, on voit que, si dans les derniers 3000 ans le Nil a élevé ses berges au Caire suivant le taux moyen indiqué par l'observation des bases des anciens monuments, c'est-à-dire d'environ trois fois $1,^{m}26$, ou de $3,^{m}78$, et son fond de la même quantité, son fond au Caire doit avoir été, il y a 3000 ans, à moins de 2 mètres au-dessus de la Méditerranée, et que sa pente moyenne, dans les basses eaux, doit avoir été moitié moindre que celle qu'il a aujourd'hui. L'influence de la même élévation sur la pente dans les hautes eaux est beaucoup moins sensible, par cela même que cette pente est plus forte.

Limites des suppositions qu'on peut faire sur les changements de la configuration actuelle du Delta.

Une pente moyenne, si faible dans les basses eaux, ne peut se concevoir qu'en admettant, qu'il y a 3000 ans, le Nil se jetait dans des lagunes sans aucune pente, au milieu desquelles il a graduellement allongé ses branches en même temps qu'il les élevait. Les sables accumulés en quelques points des contours intérieurs des lagunes littorales, notamment à l'angle sud-est du lac de Bourlos, montrent qu'en effet certaines branches du Nil y ont terminé leur cours pendant quelque temps. Si on supposait que les branches du Nil ont toujours eu dans les basses eaux la même pente moyenne qu'aujourd'hui, on calculerait aisément qu'une élévation annuelle de $1,^{mm}26$ au Caire correspondrait à un allongement annuel de $60,^{m}790$ du lit de chacune d'elles; allon-

gement presque égal à celui que les branches du Pô éprouvent aujourd'hui. Cet allongement donnerait 6079 mètres par siècle, et 60790 mètres en 1000 ans; mais la petitesse des changements survenus dans les contours intérieurs des lagunes littorales ne permet guère d'admettre un allongement aussi rapide des branches du Nil.

Certains terrains situés près des branches du Nil ont sans doute été élevés et émergés, tandis que d'autres, qui en étaient plus éloignés, étant restés presque stationnaires, se sont trouvés de plus en plus bas par rapport aux branches du Nil, qui s'élevaient par degrés, et sont devenus de plus en plus marécageux. Cependant la discussion à laquelle nous nous sommes livré précédemment relativement aux environs de Tanis, de Mendès, de Diospolis, montre que les changements survenus dans l'un et l'autre sens ont été peu considérables. Il est donc probable que la pente du Nil à l'entrée des lagunes a été encore moindre autrefois qu'elle n'est aujourd'hui en moyenne du Caire à la mer, ce qui favorisait le dépôt des sédiments dans ces parties, et que ces branches ont légèrement augmenté leur pente en même temps qu'elles se sont allongées. La configuration intérieure actuelle du Delta est résultée de ces effets complexes qui ont donné aux branches de Rosette et de Damiette des formes de plus en plus favorables à la décharge des eaux, et les y ont fait couler en presque-totalité, quoique ces branches soient les plus élevées.

La petitesse des changements survenus dans la configuration intérieure du Delta, a paru à quel- Le sol du Delta ne paraît pas s'être enfoncé.

ques auteurs, au nombre desquels on doit citer surtout M. Cordier[1], un motif pour supposer que la surface de la Basse-Égypte s'abaisse par degrés à mesure qu'elle se charge des sédiments du Nil, de manière à rester toujours au même niveau absolu. Mais il paraît bien difficile d'admettre cette exacte compensation : les preuves d'un abaissement graduel du sol que nous avons signalées en Hollande, manquent totalement en Égypte; on n'y cite aucun événement comparable à la formation du Zuyderzée, de la Jahde, du Dollart, du Biesbosch, ni même à l'extension graduelle de la mer de Harlem. La fixité du sol du Delta paraît presque aussi bien démontrée que celle du sol de Venise. Le sol de Venise n'a certainement éprouvé depuis 1400 ans que de bien faibles changements, et il suffit de voir subsister encore sous le nom de *montagnes* les tertres nombreux sur lesquels les anciens avaient établi des villes et des villages au milieu des eaux du lac Menzaleh et du laç Bourlos, pour comprendre que, si leur fond s'est enfoncé depuis lors, ce n'a été que d'une bien petite quantité.

Le fond des lagunes littorales ne s'est d'ailleurs chargé que d'une bien petite épaisseur de sédiments depuis le temps des anciens Égyptiens. Si ces lagunes avaient été très-profondes, ils n'auraient pu y élever les tertres dont nous venons de parler. On a, il est vrai, la certitude que le lac Maréotis était assez profond pour la navigation de cette époque; mais nous avons vu que, lorsqu'on laisse les

1. L. Cordier, *loc. cit.*

eaux de la mer y pénétrer, il peut encore être parcouru par des flottilles, dont le tirant d'eau est sans doute à peu près égal à celui des vaisseaux des anciens.

Les dépôts du Nil n'ont aussi exhaussé que d'une bien faible quantité, depuis les temps historiques, les terres fermes de la partie littorale du Delta. Nous avons vu ci-dessus (page 421) que M. de Rozière évalue à 60,^{mm}907, par siècle, l'élévation moyenne des terres du Delta. Cette estimation s'applique à la partie moyenne du Delta, mais non aux parties littorales.

L'élévation produite par les dépôts du Nil près de la mer a été neuf fois plus petite que dans l'intérieur de l'Égypte.

Les données que nous avons réunies ci-dessus permettent de se faire une idée très-approximative de l'exhaussement que subissent aujourd'hui, année moyenne, les parties de la Basse-Égypte où cet exhaussement est le moins problématique, c'est-à-dire, celles qui forment les rives mêmes des deux grandes branches du Nil. On peut admettre, en effet, que cet exhaussement, qui est au Caire d'environ 1,^{m}26 par an, va en diminuant à mesure qu'on approche de l'extrémité de l'une ou de l'autre branche du Nil, et que là il se réduit à la quantité indiquée par un allongement de quatre mètres par an. On peut admettre aussi que cet exhaussement diminue à peu près proportionnellement au développement du cours de la rivière depuis Boulâq, près du Caire. Nous avons vu que ce développement depuis Boulâq jusqu'à l'une ou à l'autre embouchure est évalué à 255000 mètres. Si on appelle z l'exhaussement moyen en un point donné, situé à une distance x de Boulâq, en suivant le cours

du fleuve, on aura : $z = 0,^{m}00126 - \alpha \cdot x$; α étant un coefficient constant qui doit être déterminé par la condition qu'à l'embouchure z soit réduit à une valeur égale à celle de la chute du fleuve dans une longueur de quatre mètres; chute qui, en adoptant, même pour l'embouchure, la pente moyenne, au-dessous de Boulâq, telle que nous l'avons rapportée ci-dessus, d'après M. Gratien Le Père, serait de $4 \cdot 0,00002071 = 0,00008284$; on aurait ainsi, pour déterminer α, l'équation

$$0,00008284 = 0,00126 - \alpha \cdot 255,000^{m}$$

d'où l'on tire

$$\alpha = \frac{0,00117716}{255000} = 0,0000000046163;$$

en substituant cette valeur de α dans la formule ci-dessus, on trouve qu'à Rosette, qui est située à 11700^{m} de l'embouchure qui porte son nom, la valeur de l'exhaussement annuel des rives est :

$$z = 0,000137$$

et qu'à Damiette, qui est située à 12700^{m} de l'embouchure correspondante, la valeur de cet exhaussement est :

$$z = 0,000142;$$

ainsi, à Rosette et à Damiette, l'exhaussement annuel des rives du Nil doit être d'environ $0,^{m}000137$ et $0,^{m}000142$, ce qui revient à $13,^{mm}7$ et $14,^{mm}2$ par siècle. Dans la vallée d'Égypte l'exhaussement du sol est moyennement d'environ 126 millimètres par siècle; on voit que dans le Delta, aux approches des bouches du Nil, il est à peu près *neuf fois moins considérable*. Ce serait à environ 141 kilomètres des embouchures, c'est-à-dire un peu au-dessus

du milieu de la distance du Caire à la mer, que le calcul donnerait un exhaussement de 60,^{mm}907 par siècle, conforme à l'estimation de M. de Rozière.

Les observations faites à Rosette et à Damiette confirment pleinement l'exactitude des déductions qui précèdent, comme plusieurs voyageurs ont pris soin de le remarquer. A Rosette et près des bouches du Nil, dit M. Wilkinson, l'élévation du sol depuis 1700 ans a été presque imperceptible, comparativement à ce qu'elle a été au Caire et plus haut encore dans la vallée.[1]

Cette élévation n'a pas produit d'effet sensible sur le contour de la côte.

On conçoit aisément d'après cela que, bien que les dépôts du Nil aient formé le sol de l'Égypte et l'aient exhaussé d'une manière considérable, ils n'ont dû influer que faiblement sur la forme générale du littoral, et n'exercer d'action sensible qu'aux points où les deux branches actuelles du fleuve ont fait irruption dans la mer.

« Des faits positifs établissent, dit M. Wilkinson, la petitesse des progrès faits par le Delta, depuis les temps les plus anciens dont il existe des annales, par la position des villes anciennes, telles que Canope, Péluse et autres, dont les emplacements sont encore dans le voisinage de la côte. S'il y avait eu un empiétement considérable de la terre sur la Méditerranée, ces villes, dans le moment actuel, après un laps de 3000 et 4000 ans, se trouveraient bien loin dans l'intérieur. »[2]

Le contour général de la côte du Delta n'a pas changé sensiblement depuis les temps historiques.

Cette remarque générale souffre une exception,

1. J. Gardner Wilkinson, *Journal of the royal geographical society of London*; tome IX, page 432.
2. *Idem, ibidem.*

ainsi que nous l'avons vu, par rapport aux villes de Damiette et de Rosette, qui, littorales à leur origine, sont maintenant loin de la mer; mais elles s'appliquent sans restriction à la saillie générale de la côte d'Égypte, qui, suivant la remarque de M. Girard, présente depuis Alexandrie jusqu'à Péluse une grande courbe de 300 kilomètres de développement, tournant au nord sa convexité, sur laquelle sont très-sensiblement en saillie la pointe d'Aboukir et les deux embouchures du Nil. Précisément au milieu de la distance qui les sépare se trouve le cap Bourlos, point le plus septentrional de l'Égypte, qui est situé sous le même méridien que les pyramides, à une distance de 180 kilomètres.»[1]

Erreurs commises à ce sujet.

Un des arguments les plus spécieux qu'on ait fait valoir pour soutenir que, depuis les temps historiques, le Nil a effectivement empiété d'une manière très-sensible sur la Méditerranée, est déduit de la forme saillante au nord de cette côte septentrionale du Delta. On a dit qu'autrefois la côte s'étendait en ligne droite de la bouche canopique à la bouche pélusiaque; *qu'elle paraît encore ainsi dans les cartes de Ptolémée;* que depuis lors, l'eau s'est jetée dans les bouches bolbitine et phonétique; que c'est à leurs issues que se sont formés les plus grands atterrissements, qui ont donné à la côte un contour demi-circulaire; enfin, que les villes romaines de Rosette et de Damiette, bâties au bord de la mer sur ces bouches, il y a moins de deux mille ans, *en sont maintenant à deux lieues.*[2]

1. Girard, *loc. cit.*, page 351.
2. Cuvier, Discours sur les révolut. de la surface du globe; p. 148.

Nous avons analysé avec détail tout ce que ces allégations renferment d'exact relativement à Rosette et à Damiette, et pour achever de les réduire à leur juste valeur, il suffit de remarquer que les deux lieues dont il s'agit sont bien loin d'égaler la saillie totale de la côte du Delta. Une ligne droite tirée des ruines de Canope aux ruines de Péluse, laisserait en effet bien loin en avant d'elle, du côté de la Méditerranée, non-seulement Rosette et Damiette, mais encore une foule de points du Delta couverts de ruines antiques :

Tounah serait à .... 9,000 mètres en avant de cette ligne.
La tour d'Abou-Mandour à 12,000 mètres.
Tennys .... à 14,000 —
Rosette .... à 15,000 —
Le fort Julien .... à 18,000 —
Damiette .... à 32,000 —
Les ruines de l'ancienne Damiette des croisades, à 41,000 —

On voit par là, que la saillie générale de la côte du Delta est antérieure, non-seulement à Ptolémée, mais même aux temps historiques. Il n'y a de modernes que les excroissances de la côte formées aux deux bouches principales du Nil.

La saillie du Delta n'est pas bordée uniquement par le cordon sablonneux.

On peut rendre cette conclusion plus évidente encore en remarquant que la saillie formée sur la ligne générale de la côte d'Afrique, par le contour convexe du Delta, n'est pas uniquement bordée par le cordon littoral sablonneux; car la côte rocheuse d'Alexandrie, qui, depuis la tour des Arabes jusqu'à Aboukir, se dirige, non de l'ouest à l'est,

mais du sud-ouest au nord-est, fait partie elle-même du contour de cette convexité.

Digue rocheuse d'Alexandrie. Sa position par rapport au Delta.

Le cordon littoral sablonneux qui sépare de la mer la plupart des lagunes dont sont encore couvertes les parties basses du Delta, s'étend au loin à l'est dans la direction d'el Arich, en continuant à séparer de la mer des lagunes en partie desséchées. Son développement total, depuis Aboukir jusqu'à Hetteh, au sud de Gaza, où la côte de Syrie commence à devenir rocheuse, est de 440 kilomètres. Dans la dernière partie de son prolongement, ce cordon littoral, en partie couvert de dunes, suit la direction générale de la côte d'Afrique; la première partie seulement participe à la convexité du Delta, et, en cela, elle ne fait que se modeler sur la côte rocheuse d'Alexandrie et d'Aboukir, à laquelle elle se rattache.

La prolongation de cette côte rocheuse passerait au large de tout le Delta, du cordon littoral du lac Bourlos, et même des musoirs de la branche de Rosette. Ainsi *le Delta n'est pas en saillie relativement à cette ligne,* qui est la seule de toute la côte dont les rapports avec le Delta n'aient rien d'idéal.

A partir d'Aboukir, la côte recule d'une quantité correspondante à l'étendue de la rade même d'Aboukir; puis elle se continue jusqu'au cap Bourlos dans une direction à peu près parallèle à celle de la crête rocheuse, mais placée à 15 kilomètres en arrière. A partir du cap Bourlos elle recule plus encore, pour aller, en décrivant une longue courbe, se rattacher au delà d'el Arich à la côte ferme de la Syrie.

On peut donc dire que tout le Delta se trouve en arrière de la crête rocheuse d'Alexandrie et d'Aboukir, qui le protége contre les vents du nord-ouest, c'est-à-dire contre ceux qui battent le plus fortement les côtes de l'Égypte. Partant de ce point d'appui naturel, le cordon littoral sablonneux du Delta recule graduellement, par rapport à la direction des vents dominants jusqu'au point où il atteint les côtes rocheuses de la Syrie. Les premiers sédiments qui ont encombré cette côte ont dû naturellement se trouver rejetés dans cette direction qui est celle dans laquelle le courant des eaux de la Méditerranée tend aussi à les pousser, et cela a pu contribuer à contraindre le plus ancien cours du Nil, représenté par la branche canopique, à se décharger tout près de l'îlot d'Aboukir. La pente générale du désert de l'isthme de Suez, la *Crau* de l'Égypte, tendrait d'ailleurs à reporter le thalweg de la vallée du Nil vers le pied des rochers les plus avancés du massif de la Libye.

Tout le Delta se trouve en arrière de la crête rocheuse d'Alexandrie.

Cela a pu contribuer à attirer près d'Aboukir la plus ancienne branche du Nil.

La circonstance que les rochers d'Alexandrie et d'Aboukir ont fourni un point d'appui au cordon littoral du Delta, rappelle ici naturellement l'opinion de quelques savants, qui ont pensé que des rochers de cette nature lui ont même servi de base; mais c'est peut-être là aussi tout ce que cette opinion a de réel.

Cette circonstance est tout ce qu'il y a de réel dans l'opinion des érudits qui ont dit que le Delta était basé sur des roches calcaires.

Freret niait que le sol de l'Égypte eût éprouvé des changements sensibles depuis les temps historiques, alléguant que le Delta est terminé, du côté de Rosette, par des couches calcaires, qui ne sont certainement pas l'ouvrage du Nil, et qui devaient

existier avant qu'il commençât à couler dans ces lieux[1]. Après lui, Dolomieu, dans son Mémoire sur l'Égypte, imprimé dans le Journal de physique en 1793, a renouvelé la même supposition. Il résumait en effet son Mémoire en disant que, dans le sol de la Basse-Égypte, il faut distinguer : 1.° les rochers de pierres calcaires qui sont antérieurs à l'excavation du golfe; 2.° les sables qui y sont venus par des causes indépendantes du Nil, et qui y ont précédé ses dépôts; 3.° le limon du fleuve, auquel on peut réellement attribuer le comblement d'un assez grand espace, quoiqu'il ait été aidé par les sables que les vents y ont apportés; et c'est, ajoutait-il, cette seule portion de l'Égypte que l'on peut regarder *comme un vrai présent du Nil.*[2]

Dernière opinion de Dolomieu sur la formation du Delta du Nil.

Après avoir vu l'Égypte en 1798, Dolomieu abandonna l'hypothèse d'après laquelle le Delta ne ferait que combler les intervalles de rochers calcaires qui y formeraient saillie en différents points. L'expédition d'Égypte n'a trouvé, en effet, ces saillies nulle part à l'est d'Aboukir; mais depuis lors M. Russegger, qui a visité l'Égypte de 1836 à 1841, a émis une idée qui concilierait les diverses opinions.

Opinion de M. Russegger.

M. Russegger pense, ainsi que nous l'avons rapporté ci-dessus, page 438, que le calcaire, ou plutôt le grès calcaire, qui forme la digue rocheuse d'Alexandrie et d'Aboukir, est de formation contemporaine, que ces rochers s'accroissent journel-

1. De Rozière, *loc. cit.*, page 473.
2. Dolomieu, *loc. cit.*, tome XLII, page 61 (1793).

lement, en même temps que la mer en démolit certaines parties, et qu'il se forme des récifs semblables non-seulement depuis la tour des Arabes jusqu'à Aboukir, mais encore sur toute la lisière maritime du Delta, où ils sont seulement plus cachés par des dunes de sable qu'ils ne le sont près d'Alexandrie. Le général Andréossy avait déjà laissé pressentir une opinion analogue dans un passage rapporté ci-dessus, page 465.

Cette supposition expliquerait merveilleusement la fixité presque absolue des rivages du Delta, fixité si bien établie d'ailleurs par les monuments historiques. Elle expliquerait en outre comment la disposition de la digue rocheuse d'Alexandrie, par rapport au lac Maréotis, lui donne sur la carte l'apparence d'un véritable *lido*.

Si elle se vérifiait en tout ou en partie, elle viendrait à l'appui de ce que nous avons établi, puisqu'alors la totalité du rivage depuis la tour des Arabes jusqu'au delà d'el Arich ne serait qu'un *lido consolidé* dans sa base, et par conséquent invariable de position. Toutefois, comme M. Russegger n'a pu visiter la partie de la côte du Delta sur laquelle les autres voyageurs n'ont pas, en général, signalé de roches solides, beaucoup de géologues attendront sans doute des observations ultérieures avant d'adopter son opinion dans toute sa généralité.

Doutes à ce suj

Quoi qu'il en soit, au reste, de cette hypothèse, il me paraît ne rester d'autre objection contre l'immobilité du *lido* de l'Égypte, que celle qu'on discute depuis si longtemps touchant l'ancien isolement de l'île de Pharos, aujourd'hui liée au continent par la

Il n'en reste auc sur l'immobilit du *lido* de l'Égy

langue de sable qui sert de base à la ville moderne d'Alexandrie.

Discussions sur certains passages d'Homère relatifs à l'île de Pharos.

Le bon Homère a dit que l'île de Pharos était à une journée de navigation de l'Égypte, et depuis plusieurs siècles on cherche quel est le sens de ce passage, qui, au premier abord, semble être en opposition flagrante avec les faits, puisque l'île de Pharos n'est qu'à 1300 mètres d'une côte rocheuse.

Quelques érudits ont supposé que le prince des poëtes a voulu dire, par là, qu'il y avait une journée de navigation pour aller de Pharos à l'entrée du fleuve de l'Égypte; mais M. Letronne, après avoir discuté, en helléniste consommé, les passages sur lesquels on s'appuyait, a depuis longtemps fait justice de la version dont il s'agit. Cet illustre archéologue a montré avec la profondeur d'érudition et la justesse de critique qui le distinguent si éminemment, qu'Homère n'a pas parlé du fleuve d'Égypte, mais du sol même de ce pays.[1]

Opinion de M. Letronne sur cette question.

M. Letronne ne paraîtrait pas très-effrayé de trouver une légère erreur géographique dans quelques vers relatifs à un pays que les Grecs visitaient rarement à cette époque; mais on peut remarquer que, pour rendre ici tout son prestige à l'exactitude proverbiale d'Homère, il ne resterait qu'à démontrer la justesse de l'opinion émise sur le même sujet par Dolomieu, qui regardait la langue de terre d'Alexandrie comme une espèce de *lido* à axe solide, basé sur des rochers très-nombreux sans doute, mais cependant *discontinus*.

1. Letronne, Bulletin des sciences naturelles et de géologie publié par M. de Férussac; tome XXV, page 283 (1831).

«Du temps d'Homère, dit Dolomieu, il n'existait que les seuls rochers calcaires dont j'ai parlé (ceux qui servent de noyau au sol de l'antique Alexandrie). Ils ne formaient pas alors une barrière continue, parce que les atterrissements n'avaient pas encore rempli les intervalles; mais ils s'élevaient isolément et ils présentaient des écueils qui rendaient périlleuse la navigation du golfe (devenu depuis le lac Maréotis), suivant les plaintes de Ménélas. Hérodote ne parle point du lac Maréotis, ce qui ferait croire que, de son temps, sa clôture n'était point encore terminée, et que l'on considérait cet espace comme un simple golfe.»[1]

Explication de Dolomieu.

Volney, dans son Voyage en Égypte, publié en 1787, avait déjà émis une opinion, qui, sans être complétement identique avec celle de Dolomieu, s'y rattache cependant en ce qu'elle suppose de même que, dans l'origine, la digue rocheuse qui joint aujourd'hui Alexandrie et Aboukir était interrompue.

Opinion émise par Volney.

«La bouche canopique, dit-il, allait jadis par les lacs s'ouvrir près d'Aboukir, et si, comme la vue du terrain me l'a fait penser, elle passa jadis à l'ouest même d'Aboukir, qui aurait été une île, Homère a pu dire avec raison que le phare était vis à vis du Nil.»[2]

Les recherches des savants de l'expédition d'Égypte n'ont pas démontré la continuité originaire de ces mêmes rochers, et plusieurs des ingénieurs qui

Remarques à l'appui de l'explication de Dolomieu.

1. Dolomieu, *loc. cit.*, page 206.
2. Volney, Voyage en Égypte, page 25.

faisaient partie de l'expédition, notamment MM. Lancret, de Chabrol de Volvic et Gratien Le Père, ont au contraire, indiqué la probabilité d'une ancienne communication entre le lac Maréotis et la mer au sud-ouest d'Alexandrie, opinion qui, ainsi que nous l'avons déjà vu, page 433, a été sanctionnée par M. le duc de Raguse dans son voyage de 1834. Cette communication aurait été fermée par les sables que le vent et la mer entassent entre les rochers, et M. Russegger a confirmé depuis la réalité de cette accumulation de sable. D'après lui, les entrées des catacombes en sont obstruées, et il pense que les rochers de cette côte continuent eux-mêmes à s'accroître par sa consolidation.

Quand même cette consolidation ne serait qu'un phénomène partiel, il est certain que lorsqu'on voit avec quelle facilité les sables ont lié le rocher de Pharos à ceux d'Alexandrie, en élargissant l'Heptastadium, on peut aisément concevoir qu'ils aient plus anciennement lié entre eux d'une manière continue, des rochers alignés, primitivement dans la direction de la tour des Arabes à Aboukir, et fermé, depuis l'époque de la guerre de Troie, la dernière des passes qui joignaient originairement le lac Maréotis à la mer.

Analogie entre les passes qui devaient conduire autrefois de la mer dans le lac Maréotis et celles qui servent aujourd'hui d'entrées au port vieux d'Alexandrie.

L'hypothèse de l'ancienne existence d'une telle ligne de rochers dans cette localité doit paraître elle-même fort naturelle lorsqu'on observe que le port vieux d'Alexandrie n'est accessible que par des passes situées entre des rochers calcaires, pareils à ceux dont nous venons de parler. Ces passes sont au nombre de trois, de profondeurs inégales : celle des

bateaux, celle des corvettes et celle des vaisseaux : cette dernière, quoique la plus profonde, n'a en quelques points que 8 à 10 mètres d'eau; elle est dangereuse pour les grands bâtiments, et la crainte qu'a eue l'amiral Bruéys d'y engager nos vaisseaux de ligne, pour mettre la flotte française à l'abri dans le port d'Alexandrie, a été la cause première du désastre d'Aboukir.

Cette passe, si fatale, peut donner une idée de celle qui devait conduire autrefois de la mer dans le lac Maréotis; et on ne saurait s'étonner que Ménélas, qui trouva encore cette dernière ouverte à la navigation, ne l'ait pas franchie sans crainte et même sans quelques dangers.

La fermeture des anciennes passes du lac Maréotis n'aurait pas été un fait plus surprenant qu'il ne le serait de voir se former dans l'avenir une levée de sable qui fermerait et masquerait les passes actuelles du port vieux d'Alexandrie en joignant l'île de Pharos à celle du Marabout : déjà à l'autre extrémité de l'île de Pharos une levée de sable lie cette île à l'îlot du Phare proprement dit, et c'est cette levée qui a formé le port neuf. M. de Prony, comme nous l'avons déjà vu page 361, a attribué à un phénomène semblable la liaison du mont Circéo à la terre ferme et la formation des marais Pontins. Dans le même nombre d'années, des causes semblables auraient produit sur deux plages de la Méditerranée des effets analogues. Une observation attentive expliquerait ainsi, d'après le même principe, les passages de l'Odyssée relatifs à l'île de Pharos, et ceux relatifs au mont Circéo, qui, suivant

Homère, était encore une île lorsque Ulysse y aborda. L'histoire exacte d'un phénomène aussi simple que général fournirait d'elle-même l'interprétation d'un texte longtemps discuté, et les disputes des commentateurs cesseraient en même temps que celles des géologues; prodige que *Circé* elle-même n'aurait peut-être pas opéré.

Le Nil est moins favorable encore que le Rhône et le Pô à l'opinion de la conversion rapide de la mer en terre.

Dans tout état de cause, on conviendra que les doutes auxquels pourrait être sujette encore l'interprétation de quelques passages de l'Odyssée, ne sauraient être des arguments bien solides en faveur d'aucun système géologique. Ces doutes, si tant est qu'il en reste, ne sauraient empêcher de voir que les contours maritimes du Delta du Nil ont subi depuis 3000 ou 4000 ans des changements infiniment moins grands que ceux dont nous avons trouvé les traces aux bouches du Rhône et du Pô. Ainsi, l'Égypte est moins favorable encore au *mythe* de la conversion rapide de la mer en terre, par l'action des fleuves, que ne le sont les étangs de la Camargue et les lagunes de l'Adriatique. Nous verrons, dans la séance prochaine, si les *sunderbunds* du Gange ou les *savanes marécageuses* du Mississipi fournissent des bases plus positives à cette opinion populaire.

ONZIÈME LEÇON.

(20 janvier 1844.)

Bouches du Gange et du Mississipi.

Messieurs,

J'aurai encore à vous citer quelques exemples de *Deltas* remarquables par leur étendue et par diverses circonstances particulières. Delta du Gange.

Le *Gange* est un grand fleuve, qui descend de l'Himalaya et vient se jeter dans le golfe de Bengale par plusieurs embouchures. Un autre grand fleuve, le *Brahma-Poutra*, descendant également de l'Himalaya, vient aussi se jeter dans le golfe de Bengale, et son embouchure est voisine de l'une des bouches du Gange : les atterrissements des deux fleuves se réunissent; mais c'est surtout au Gange que la formation en est due.

Le Delta du Gange est beaucoup plus grand que celui du Nil : c'est le plus vaste que je puisse vous décrire : il commence à 320 kilomètres en ligne droite de la mer, et il a le long de la côte une base de près de 300 kilomètres; sa surface totale est à peu près double de celle du Delta du Nil : elle est partagée par de nombreux courants, qui s'entrelacent dans toutes les directions et se rami- C'est le plus grand Delta connu.

fient souvent les uns dans les autres. Leurs eaux s'écoulent dans la mer par dix ou douze bouches différentes.

Ramifications que présente le cours du Gange.

Dans son Delta le Gange présente deux bras principaux, qui forment les deux termes extrêmes de la nombreuse série de ses bouches. Le bras oriental, qui suit à peu près la direction du Gange supérieur et qui en conserve le nom, est le plus considérable; le second bras principal est le bras occidental, appelé le canal de *Cozimbazar*, et qui porte aussi le nom d'*Hoogly*. L'Hoogly est considéré par les Indous comme la partie la plus sainte du Gange, comme le véritable *Bhagirathi*. On ne dit pas à quelle circonstance il doit ce privilége, c'est peut-être, comme le vieux Rhin, le petit Rhône, et la branche canopique du Nil, le bras le plus ancien.

L'Hoogly paraît être le bras le plus ancien.

Si on compare le Gange avec le Pô, on verra immédiatement que ses rapports avec le Brahma-Poutra sont à peu près les mêmes que ceux du Pô avec l'Adige. On remarquera, en outre, que l'Hoogly qui est le bras du Gange le plus éloigné du Brahma-Poutra, est par cela même dans une position comparable, à celle du Pô-di-Primaro qui paraît avoir été le cours originaire du Pô.

Constitution du sol du Delta.

Le sol de tout le Delta du Gange paraît formé sur une certaine épaisseur par les dépôts de ce fleuve. Une tentative de forage artésien faite au fort William, près de Calcutta, sur les rives de l'Hoogly, dans les années 1835 à 1840, a fait connaître la composition du terrain jusqu'à une profondeur de 481 pieds anglais (147 mètres). Après avoir pénétré à travers le sol superficiel jusqu'à une profondeur

d'environ 10 pieds (3 mètres), on rencontra une couche d'argile bleue compacte, épaisse de 15 pieds (4,^{m}60); elle reposait sur une argile sableuse de couleur claire, dont la teinte devint de plus en plus foncée par un mélange de matière végétale, et qui, à une distance d'environ 80 pieds (24 mètres) de la surface, finit par passer à une couche de tourbe. Plus bas, jusqu'à la profondeur de 120 pieds (37 mètres), alternaient des couches d'argile et de sable bariolé, mêlés de *kunkur* (rognons ferrugineux) et de petits cailloux. Ensuite, jusqu'à 481 pieds (147 mètres) se trouvèrent diverses couches d'argile, et surtout du sable avec concrétions ferrugineuses et cailloux de diverses natures.[1]

Dépôt de transport ancien, recouvert par les alluvions modernes.

Ces dépôts caillouteux n'appartiennent plus aux dépôts du Gange actuel, qui n'entraîne pas de cailloux roulés jusqu'à son Delta, mais seulement du sable fin et du limon argileux. A partir de 80 pieds (24 mètres) on était entré dans un dépôt, qui est pour le Bengale ce qu'est pour la Hollande le sable de la geest. Les dépôts dus aux causes actuelles n'ont que 24 mètres d'épaisseur, et, comme en Hollande, ils sont en partie tourbeux.

Dépôts formés par le limon du Gange.

Le Gange, dans la saison des pluies, transporte une grande quantité de matières boueuses qui augmentent continuellement son Delta. Ces dépôts, et l'action de la mer qui agit sur l'extrémité de ce Delta, font que les différentes branches du Gange sont en-

1. *Abstract report of the proceedings of the committee appointed to superintend the boring operation in fort William : Journal of the asiatic society of Bengal*, n.° 103 (1840).

combrées par des bancs de sable. La branche appelée l'Hoogly, est celle qui l'est le moins, quoiqu'elle le soit elle-même considérablement. Les vaisseaux qui tirent plus de $4^{m},60$ d'eau ne peuvent y naviguer, et il faut en débarquer les marchandises pour les transporter à Calcutta.

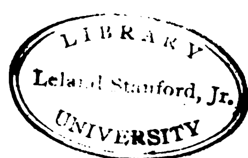
On remarque vers l'extrémité de l'Hoogly une île étroite, qui s'est élevée récemment au-dessus des eaux ordinaires, et qui est maintenant couverte de gazon.

Absence de documents historiques sur la marche des phénomènes.

La région qui avoisine les bouches du Gange est désignée sous le nom de *sunderbunds*. Bien différente en cela de la Basse-Égypte, c'est une région pestilentielle, couverte de broussailles (*jungles*), et peuplée de tigres et d'autres animaux féroces; pays redoutable, dans lequel les Européens ne pénètrent presque jamais et sur lequel on n'a par conséquent que peu de renseignements. Si les sunderbunds partageaient la salubrité de la Basse-Égypte, les Hindous les auraient habités depuis un temps immémorial, et peut-être y verrions-nous des pagodes aussi anciennes que les ruines de Tanis. Elles nous fourniraient des données sur la marche des atterrissements du Gange; mais l'absence de pareilles données n'autorise pas à conclure que cette marche ait suivi près des bouches du Gange d'autres lois que près de celles du Nil, du Rhône, du Pô et des autres fleuves sur lesquels on possède des documents historiques positifs.

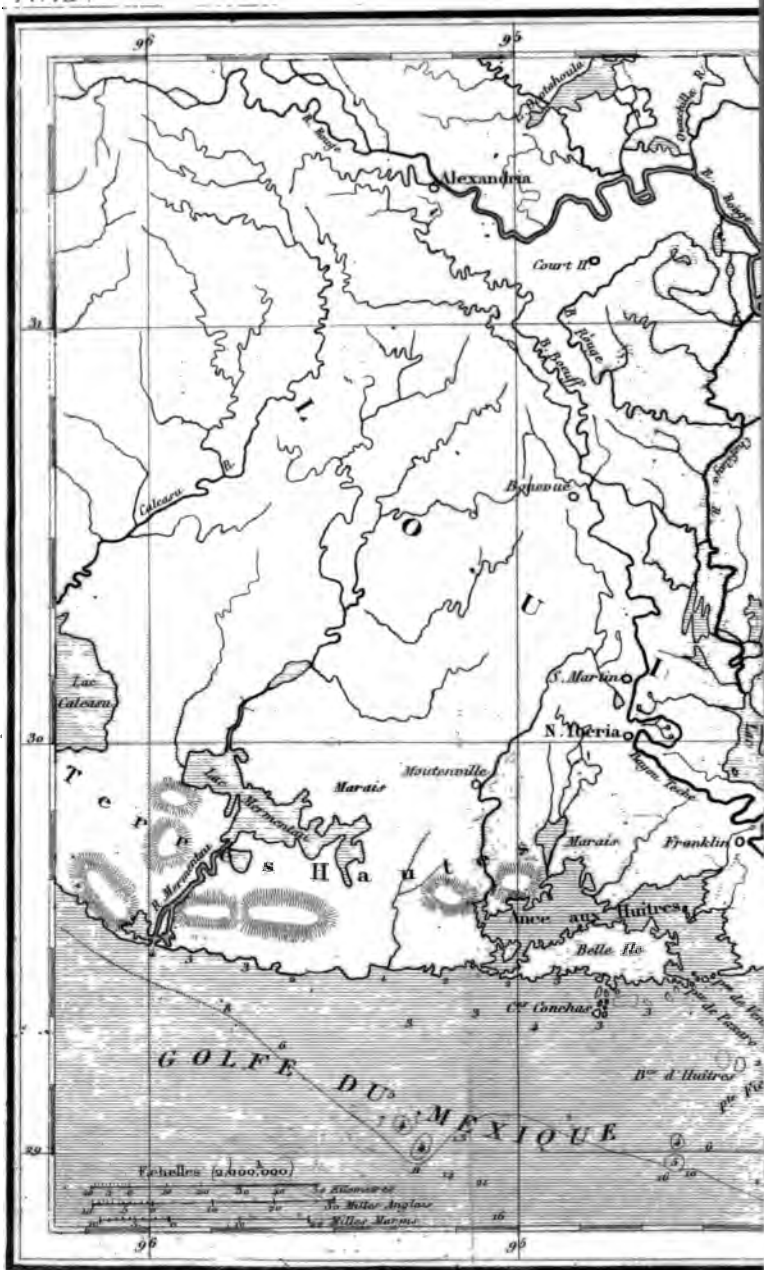
Dépôts formés près des embouchures de quelques autres grands fleuves.

L'Indus a aussi un grand Delta. L'Euphrate et le Tigre dans la Mésopotamie, et jusqu'à leur embouchure commune dans le golfe persique, sont



Pl. IX.

BOU



96
95
31
30
29
Alexandria
R. Rouge
Ouachita R.
Court H.
R. Boeuff
Calcasu R.
Lac Calcasu
L O U I
Bellevue
S. Martin
N. Iberia
Bayou Teche
Moutonville
Marais
Franklin
Lac Mermentau
R. Mermentau
Terres Hautes
Anse aux Huitres
Belle Ile
Cte Conchas
GOLFE DU MEXIQUE
Bon d'Huitres

bordés par de vastes plaines d'alluvion, renommées par leur fertilité, qui sont une sorte de Delta très-allongé. Les grands fleuves de la Chine n'ont pas non plus de Deltas régulièrement configurés, mais dans le voisinage de leurs embouchures ils ont couvert de très-grands espaces de leurs alluvions. Leurs dépôts tendent à combler rapidement la mer Jaune, qui est très-peu profonde et sur les contours de laquelle ils semblent cependant ne pas avoir beaucoup empiété. L'Orénoque, dans le Nouveau-Monde, présente à son embouchure un Delta comparable, par son étendue, à celui du Nil, etc.

Je ne puis vous citer tous les exemples de ce genre de dépôts qui existent, et d'ailleurs le défaut de documents historiques précis nous empêcherait de tirer de ces recherches des conclusions comparables à celles que nous ont fournies les Deltas que nous avons étudiés précédemment. J'entrerai cependant dans quelques détails au sujet du Mississipi, l'un des plus grands fleuves connus. Le Mississipi a un très-vaste Delta, remarquable surtout par la rapidité avec laquelle il s'accroît et qui semble présenter des faits contraires à ceux que j'ai signalés jusqu'à présent. Delta du Mississipi.

Le golfe du Mexique donne lieu à beaucoup de remarques curieuses, dont quelques-unes nous ont déjà occupé. Cette mer intérieure, appelée sans doute un jour à de hautes destinées, peut, à certains égards, être comparée à la mer d'Allemagne, et surtout à la mer Adriatique : elle est beaucoup plus vaste et plus arrondie que cette dernière; mais une grande partie de ses côtes rappelle complétement, ainsi que nous Rapports entre le golfe du Mexique et la mer Adriatique.

l'avons déjà vu, les côtes qui terminent les plaines de la Lombardie, et elles sont, de même, singulièrement remarquables par leurs lagunes. La moitié, au moins, des rivages du golfe du Mexique est formée par des cordons littoraux, analogues à ceux qui enceignent les lagunes de Venise, et le Delta du Mississipi nous rappelle de son côté, mais beaucoup plus en grand, le Delta du Pô.

Cours du Missisipi.

Le nom du Mississipi vient d'un mot de la langue des Indiens qui signifie *père des eaux*. C'est, en effet, l'un des fleuves les plus considérables qui arrosent la surface du globe : il conduit à la mer les eaux d'une partie considérable de l'Amérique du nord. Après avoir reçu l'*Ohio,* il descend, en serpentant, dans une large vallée dirigée du nord au sud. Sa marche reste assez uniforme jusqu'à *Natchez,* qui se trouve encore, en suivant les sinuosités du fleuve, à 645 kilomètres de son embouchure principale. Mais à 180 kilomètres au-dessous de Natchez, après le confluent de la *rivière Rouge,* sa pente s'affaiblit et la direction de son cours devient moins assurée. A 460 kilomètres de l'embouchure principale il commence à se diviser, et il s'en détache vers l'ouest un bras considérable, qui porte le nom d'*Atchafalaya :* ce point peut être considéré comme le sommet du Delta par lequel se termine la vallée du Missisipi.

Étendue de son Delta.

La carte, pl. IX, représente ce Delta. Mesuré en ligne droite depuis son sommet jusqu'à *Balize,* qui est à l'embouchure du fleuve, il a une longueur de 320 kilomètres, c'est-à-dire, égale à celle du Delta du Gange. Sa largeur à la base est très-considérable;

les marécages qui le composent ou qui s'y rattachent s'étendent de l'embouchure de la *rivière Sabine* à l'extrémité orientale du *lac Borgne*, ou *lac Ciega*, sur une distance de 500 kilomètres environ. En s'arrêtant du côté de l'ouest à l'extrémité occidentale de l'*Anse aux huîtres*, cette base serait encore de 300 kilomètres; et en se restreignant à l'espace compris entre les bras du fleuve, c'est-à-dire au Delta proprement dit, on trouve encore que depuis son origine jusqu'à l'embouchure de l'Atchafalaya il y a en ligne droite environ 190 kilomètres, et que de cette embouchure aux rivages orientaux du Delta la distance est à peu près la même, d'où il résulte qu'il forme dans son ensemble un triangle d'une surface un peu supérieure à celle du triangle occupé par le Delta du Nil dans le rapport de 4 à 3 à peu près.

Une grande partie de ce triangle et des terres basses adjacentes est constamment couverte par les eaux. Pendant l'inondation il ne reste au-dessus du vaste lac temporaire, que présente cette contrée, et comme l'indique le dessin de la carte, pl. IX, qu'une bande étroite le long de la plupart des cours d'eau; car le Mississipi et les différents bras qui s'en détachent, et auxquels on donne le nom générique de *bayous*, ont leur bord immédiat plus élevé que le reste du pays.[1]

Particularités qu'il présente.

Bayous.

«Le premier des bayous du Delta est l'Atchafalaya, qui recevait autrefois une bonne partie des

Leur énumération.

1. Michel Chevalier, Des voies de communication aux États-Unis; tome I.er, page 78.

eaux de la rivière Rouge et qui doit encore en recevoir. Il se décharge en partie dans un golfe du même nom, et retourne en partie au tronc principal, avec lequel toutes les autres branches du Delta sont plus ou moins liées par des ramifications. Les autres bayous principaux sont, sur la rive droite, la *Plaquemine* et la *Fourche;* sur la rive gauche, l'*Iberville,* le *Gentilly* et le *Bienvenu.*[1] » L'Atchafalaya se détache sur la droite, à 460 kilomètres de l'embouchure, comptés suivant les sinuosités du cours principal. La Plaquemine ou Placumana se détache sur la même rive, à 385 kilomètres de l'embouchure, et la Fourche à 325 kilomètres, près de l'Ascension. L'Iberville se détache sur la gauche à 400 kilomètres de l'embouchure.

C'est après avoir perdu ces branches latérales que le tronc principal arrive à la Nouvelle-Orléans, d'où il se continue jusqu'à la mer, qu'il atteint à 176 kilomètres de cette ville.

Leur régime. « Les bayous diffèrent, à beaucoup d'égards, du fleuve lui-même; ils ne participent point de sa profondeur, qui est de 30 à 40 mètres. Leur prise d'eau a lieu par une échancrure peu profonde des bords du fleuve. Excepté pendant l'inondation, ils ne conduisent à la mer qu'une très-petite portion du Mississipi. Il arrive même que pendant l'été quelques-uns, au lieu de lui rien emprunter, lui versent les eaux qu'ils recueillent des marécages de la plaine : l'Atchafalaya est dans ce cas. »[2]

La marée ne se fait sentir sur le cours principal

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, p. 78. — 2. *Id.*, *ibid*, p. 79.

du Missisipi que jusqu'à une faible distance de la mer; elle ne monte que de 45 à 60 centimètres, et son élévation n'est pas sensible à plus de 50 kilomètres au-dessus de l'embouchure; elle ne remonte pas en général jusqu'à la Nouvelle-Orléans. « Cependant la marée, qui n'est que d'un mètre tout au plus dans le golfe, étend son influence sur les bayous, tels que l'Atchafalaya, au-dessus de cette ville. Mais le niveau du fleuve est plus élevé que celui de toutes les lagunes et de tous les cours d'eau qui existent à ses côtés et qui dérivent de lui. »[1]

Le sol est plus élevé sur les bords du fleuve qu'à une certaine distance.

« Les bords immédiats du fleuve, ayant reçu en plus grande quantité le dépôt de son limon, sont plus élevés que le terrain un peu plus éloigné. A la Nouvelle-Orléans, tout près de la ville, en amont, la coupe de la rive droite, perpendiculairement au fil de l'eau, donne une différence de niveau de 3,^{m}55 entre le bord naturel du fleuve (c'est-à-dire, abstraction faite de la levée) et un point situé à 2100 mètres plus loin. De là jusqu'au *lac de Pontchartrain*, le sol reste sensiblement de niveau. Cette coupe rencontre un affluent du bayou *Saint-Jean*, appelé bayou de la métairie; il y a alors un rehaussement subit de 1,^{m}28, au sommet duquel est le bayou. Sur le bord du lac il y a un léger bourrelet de 0,^{m}53. Le niveau du lac, lorsqu'il est bas, n'est que de 15 ou 20 centimètres au-dessous du niveau général du sol. Sur le même point, pendant l'inondation, le niveau du fleuve est à 0,^{m}70 au-dessus du bord immédiat du lit, abstraction faite de la levée.

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 78.

Tout près de là, à *Carraltan*, une coupe semblable indique une dépression moindre, c'est-à-dire de 1,m60 seulement : elle a lieu sur une distance de 2000 mètres. Au-dessus de la Nouvelle-Orléans cet accident topographique devient peu à peu de moins en moins apparent.»[1]

Lacs et lagunes dans le Delta et sur ses bords.

Le Delta du Mississipi présente, comme ceux du Pô, du Rhône et du Nil, plusieurs grandes lagunes. Le bord de la mer est occupé par des lagunes salées, dont quelques-unes entrent assez avant dans les terres et forment de véritables lacs. Ces lacs sont généralement situés entre les bayous qui cependant communiquent quelquefois avec eux ou même en traversent quelques-uns; mais le courant principal n'en traverse aucun.

Du côté de l'est, la série de lagunes littorales, qui commence à la *baie de San-José* dans la Floride, se continue jusqu'au méridien de la Nouvelle-Orléans, près duquel elle se termine par le *lac de Maurepas*, situé au nord de la ville : il communique avec une autre lagune, plus grande, appelée lac de Pontchartrain, qui arrive jusqu'à deux lieues de la Nouvelle-Orléans. Cette dernière s'étend au milieu des dentelures d'une côte singulièrement découpée et se joint à la mer par le lac Borgne ou lac Ciega, qui est plutôt une baie. L'Iberville, bras le plus oriental du Mississipi, coule dans le lac Maurepas, et arrive à la mer en traversant le lac de Pontchartrain et le lac Borgne.

Au sud du bras principal du Mississipi on trouve

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 75.

dans l'intérieur du Delta le *lac Qualchas*, qui communique par des bayous avec une autre lagune plus grande, appelée *port de Barataria*. L'Atchafalaya communique avec le grand *lac Chetimaches*, et plus à l'ouest se trouve encore une grande lagune, appelée *Anse de Hostiones* ou *Anse aux huîtres*, qui est fermée par l'île de *Belle-Ile*.

Peu de profondeur de ces lagunes.

Ces lagunes sont peu profondes : « les lacs de Pontchartrain, de Maurepas, Qualchas et Chetimaches, ne pénètrent qu'à des profondeurs variables de 1,^{m}20 à 6 mètres au-dessous du niveau général du Delta. »[1]

Comparaison entre le Delta du Mississipi et ceux du Nil et du Rhône.

Nous avons déjà vu que le Delta du Mississipi ne surpasse que faiblement en étendue le Delta du Nil. En comparant ces deux Deltas, partie par partie, on pourrait remarquer que le courant principal du Mississipi représente dans le Delta du Nil la branche de Rosette. L'Iberville, qui traverse les lacs de Maurepas et de Pontchartrain, représente la branche canopique du Nil, aujourd'hui oblitérée, dont l'ancien lit sépare le lac Mádieh du lac d'Edkou. La fourche du Mississipi représente dans le Delta du Nil la branche de Damiette, et l'Atchafalaya l'ancienne branche pélusiaque; seulement le cours principal du Mississipi domine sur les bayous qui en dérivent beaucoup plus qu'aucune des branches du Nil ne domine sur les autres. L'anse aux huîtres et celles qui la suivent en allant à l'ouest vers le Texas peuvent être assimilées aux lagunes comprises entre Péluse et El-Arich. Le lac Menzaleh n'est figuré qu'imparfaitement par le lac de Chetimaches;

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 76.

mais le port de Barataria représente le lac Bourlos du Delta du Nil, et l'étang de Valcarès du Delta du Rhône. Enfin l'Atchafalaya, qui est peut-être l'ancien cours de la rivière Rouge, est à peu près, par rapport au Mississipi, ce qu'est l'Adige par rapport au Pô.

Tous les Deltas semblent modelés sur un même type fondamental.

Les formes de ces différents Deltas semblent ainsi n'être que des variantes d'un même type fondamental. Les phénomènes qui concourent à leur formation, les procédés même par lesquels l'industrie humaine parvient à en tirer parti, ont partout la plus grande ressemblance, et il est bien remarquable de voir qu'au milieu des incertitudes et des tâtonnements qui ont dû, sans doute, accompagner la première colonisation de la Louisiane, on ait bâti, de prime abord, la Nouvelle-Orléans dans une des situations, où il serait le plus naturel de chercher la position originaire du cordon littoral, c'est-à-dire dans une situation comparable à celles de Rosette, d'Aigues-Mortes, de Comacchio et de Leyde.

Ici, comme dans les Deltas du Nil, du Pô, etc., les bords immédiats du fleuve sont plus élevés que le terrain situé à une certaine distance. De là il résulte qu'il y a des deux côtés du fleuve de vastes marais, qui subsistent toute l'année, de manière que la plus grande partie de la contrée, depuis Natchez, situé à environ 645 kilomètres de l'embouchure, ne présente qu'un grand espace marécageux, séjour des alligators et très-insalubre pour l'homme.

Levées construites le long du cours principal et le long des bayous.

Le long du Mississipi, comme le long du Rhin, du Rhône et du Pô, on a établi des digues qu'on appelle ici *levées*, pour préserver certains terrains

de l'inondation; on les a construites non-seulement le long du cours principal, mais le long de ces canaux appelés bayous, dans lesquels l'eau coule seulement pendant la saison des pluies.

« Dès Natchez, ces lisières de terre haute commencent à être garanties de l'inondation par une digue en terre, appelée *levée*, qui fut construite par les Français lorsqu'ils colonisèrent la Louisiane. L'espace resserré, ainsi conquis, est occupé par des plantations de coton et de cannes à sucre, et par la culture du riz vers l'embouchure..... La levée est continue depuis la pointe coupée, qui est à 248 kilomètres en amont de la Nouvelle-Orléans, jusqu'au fort Saint-Philippe, situé à 116 kilomètres au-dessous de cette métropole. Le développement de la levée est donc 364 kilomètres sur chaque rive. »[1]

Le Mississipi poursuit son cours directement jusqu'au golfe; il s'avance hors de la ligne du continent dans le chenal qu'il s'est créé à force d'amonceler des boues et des arbres de dérive, et qu'il étend graduellement vers sa partie inférieure. Sur une longueur de 50 kilomètres au-dessus de l'embouchure, ses rives ne présentent qu'un marais rempli de roseaux, où il n'y a pas d'arbres, et qui contient seulement quelques huttes de pêcheurs. On ne peut rien concevoir de plus triste que cette contrée, même jusqu'à 110 kilomètres de l'embouchure, c'est-à-dire jusqu'aux ⅗ de l'espace à parcourir pour remonter jusqu'à la Nouvelle-Orléans. Partie inférieu du cours princi du Mississipi

Le cours principal du Mississipi se décharge dans

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 77.

la mer par plusieurs bouches, parmi lesquelles on en remarque cinq, toutes fort variables par le nombre et la forme des îles dont elles sont parsemées et par la profondeur de leur chenal au-dessus de la barre. Il y a trois passes principales, qui forment exactement la patte d'oie : et qui se divisent encore avant d'atteindre la mer; chacune de ces ouvertures est bordée par de longues bandes de terre très-étroites, dont vous connaissez déjà en partie l'origine d'après ce que je vous ai dit relativement au Pô et au Nil. Les cinq principales bouches du fleuve se trouvent ainsi à l'extrémité d'autant de bras, dont la longueur est de 8 à 10 kilomètres, et qui divergent à partir d'un point central. « Ce sont, en commençant par la droite, la passe de la Loutre, la passe du nord-est, celle du sud-est, celle du sud, celle du sud-ouest. La plus importante est celle du sud-est. C'est là que se tiennent les pilotes, dans un édifice en bois, en forme de tour, bâti au milieu des roseaux et qu'on appelle *Balize*[1]. » Sur l'une des îles situées à l'entrée des passes et appelée *Franks-Island* il y a un phare.

Ses cinq bouches disposées en patte d'oie

Les entrées les plus fréquentées par les vaisseaux sont : la passe nord-est, à 6 kilomètres au sud-est du phare de Franks-Island; la passe sud-est, ou la *grande passe* à 7 kilomètres au sud-sud-est du phare, et la passe du sud-ouest à environ 35 kilomètres au sud-ouest du même phare. Il y a des *barres* aux débouchés de toutes ces passes, et l'eau y est comparativement peu profonde. Dans la grande passe

Passes avec barres à l'entrée.

Petitesse de la profondeur sur ces barres.

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 83.

il y a 4 à 5 mètres d'eau; dans celle du sud-ouest, 3,m66 : les autres sont encore moins profondes.

La faible profondeur d'eau qui existe sur ces barres est bien remarquable lorsqu'on la compare à la profondeur du Mississipi, qui est de 30 à 40 mètres. C'est un exemple frappant de l'action que la mer exerce pour rejeter de son sein les matières que les fleuves y entraînent.

Dépôts boueux très-abondants formés par le Mississipi

Le Mississipi, le *père des eaux* suivant les Indiens, mériterait, tout autant que le Nil, le nom de *père du limon :* non-seulement il en couvre au loin les terrains bas de ses rives pendant les inondations, mais il en dépose une immense quantité à son entrée dans la mer, surtout à l'embouchure de son cours principal, où les effets produits depuis un certain nombre d'années, tiennent presque du prodige. Il s'y passe en même temps des phénomènes singuliers, qui paraissent résulter à la fois de la rapidité avec laquelle s'accumulent les matières boueuses et de leur mélange avec une multitude de troncs d'arbres.

Troncs d'arbres que le fleuve entraîne et qu'il mêle aux dépôts terreux.

« Le bas Mississipi, pendant l'inondation du printemps, n'est plus un fleuve : c'est une sorte de mer boueuse, qui se précipite vers le golfe du Mexique, charriant avec elle une immense quantité de bois, que ses affluents et lui-même ont arraché sur leurs bords. J'ai mesuré (dit M. Michel Chevalier) quelques arbres que l'Ohio avait ainsi abandonnés sur la grève à Louisville, et dont la dimension n'avait rien d'extraordinaire relativement aux autres. Ils avaient 30 mètres de long, 1,m50 à 2 mètres de diamètre. On retrouve ces bois, au loin, déposés en

épaves sur les bords du golfe du Mexique jusque sur la plage de Vera-Cruz; ce sont eux qui, mêlés au limon du fleuve, forment le sol du Delta et prolongent tous les jours le promontoire qui porte au large les eaux du Mississipi. »[1]

« Au-dessous de Natchez on ne trouve plus dans le lit du Mississipi qu'un mélange de vase et de sable blanc réduit en poudre presque impalpable. D'après des renseignements communiqués par le major Delafield, le sable n'arriverait à la mer que par une seule passe, celle du sud. C'est avec cette vase et ce sable que sont liés les arbres de dérive, qui composent en très-grande partie le sol de la vallée depuis le sommet du Delta jusqu'à la mer. »[2]

Iles mobiles de son embouchure, comparables aux *teys* du Rhône.

Les îles qui séparent les passes de l'embouchure rappellent à beaucoup d'égards les *teys*, qui, comme nous l'avons dit ci-dessus, page 394, se forment souvent avec tant de rapidité entre les bouches du grand Rhône; mais elles les surpassent de beaucoup sous le rapport de leur instabilité. Leur configuration, et celle des passes elles-mêmes, subit d'année en année des changements très-sensibles, à cause des dépôts que le fleuve y accumule avec une rapidité plus étonnante encore qu'en Provence; et non-seulement les langues de terre et les îles qui bordent les passes extrêmes sont d'une formation toute récente, mais une partie du promontoire étroit au milieu duquel coule le fleuve depuis le fort Saint-Philippe, s'est formée, dit-on, depuis la fondation de la Nouvelle-Orléans, en 1717.

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 75.
2. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 73.

Cette sorte d'aqueduc, formant saillie au delà de la ligne du littoral, commence sur la rive droite à l'*île de Grande-Terre*, qui ferme la baie de Barataria, et sur la rive gauche à la baie noire (*Black-bay*), par laquelle s'avance vers l'intérieur la *baie de la Chandeleur*. Il n'a pas moins de 75 kilomètres d'un côté et 70 de l'autre. Il a doublé, assure-t-on, dans l'espace d'un siècle. Allongement étonnamment rapide de son lit.

Il se serait donc allongé dans ce laps de temps de 35 kilomètres, c'est-à-dire, d'une grande partie de ce qui dépasse le fort de Saint-Philippe, bâti peut-être sous la régence à peu de distance du point où se terminait alors le cours du Mississipi. Celà suppose un allongement moyen annuel de 350 mètres, c'est-à-dire cinq fois plus rapide que celui de la pointe du Delta du Pô.

« Ce terrain, mal assis, change d'aspect tous les jours. C'est que sur 100 ou 120 kilomètres, le Mississipi est porté par un véritable radeau flottant et grossièrement assemblé, découvert seulement pendant l'étiage, dont les coups de mer et le choc des eaux ébranlent les parties intégrantes, les font ployer et les déplacent, donnant ainsi lieu à d'étranges phénomènes. Phénomènes singuliers.

« Le major Delafield, qui, en qualité d'officier du génie, est demeuré longtemps en station dans le fort Jackson près de l'embouchure du fleuve, y a recueilli des faits qui prouvent qu'à certains moments il se manifeste dans le voisinage de la barre une force de soulèvement qu'accompagnent sans doute des dépressions produites ailleurs. Iles qui se soulèvent.

« Ainsi, une goëlette ayant fait naufrage, dis-

parut sous l'eau ; le bout du mât restait seul visible : quelque temps après, la goëlette se trouva hors de l'eau sur une île.

« Un navire anglais, qui apportait, en lest, à la Nouvelle-Orléans des dalles de pierre de Portland, fut obligé, une fois arrivé sur la barre, d'en jeter une partie à la mer. A peu de temps de là, les dalles étaient à sec sur une île.

« Rien n'est moins rare que de voir des îles surgir tout à coup à l'extrême embouchure. Au moment de leur apparition elles sont bombées à leur centre ; mais bientôt ce centre s'affaisse et se creuse en forme conique. Il en sort une source qui, peu à peu, dissout et entraîne la vase, au moyen de laquelle sont cimentés les arbres dont l'île est formée. Les arbres, n'ayant plus de lien entre eux, se séparent et vont au fond du fleuve, et l'île n'existe plus. »[1]

Comparaison des effets avec ce qu'on observe aux bouches du Pô et du Nil.

Ces phénomènes singuliers pourraient faire croire au premier abord que le Delta du Mississipi est soumis à d'autres lois que ceux des fleuves que nous avons étudiés précédemment. Il est aisé de voir cependant que, si l'on fait la part des effets naturels du mélange considérable d'arbres de dérive que renferment ses alluvions, le reste ne diffère que par les proportions de ce que nous avons observé ailleurs. Le long et étroit promontoire qui, semblable au long cou d'une hydre, porte à son extrémité les cinq bouches du cours principal du Mississipi, représente les promontoires analogues que nous avons remarqués aux extrémités du Pô et même du Nil. Il

1. Michel Chevalier, *loc. cit.*, page 79.

se forme, par un mécanisme analogue, au milieu des eaux peu profondes d'une mer intérieure et peu agitée, avec une rapidité beaucoup plus grande, à la vérité, mais qui s'explique, d'une part, par la concentration de l'action presque entière de l'un des plus grands fleuves du globe dans un seul de ses bras, et de l'autre par l'effet des troncs d'arbres innombrables qu'il entraîne. La mer a évidemment beaucoup plus de prise sur des troncs d'arbres que sur des matières terreuses ou sableuses pour les repousser vers ses bords et pour les y entasser.

Comment la mer concour à les produire.

Ici je ferai remarquer que l'action exercée par la mer pour repousser toutes les matières qui viennent encombrer ses bords et pour les entasser sous forme de cordon littoral, au lieu de les laisser se répandre sur son fond, explique comment les fleuves qui ont fait irruption dans la mer, comme le Nil, le Pô, le Mississipi, y ont quelquefois allongé leur lit avec plus de rapidité qu'ils ne le faisaient dans les lagunes qui ont reçu leurs premiers sédiments.

Anomalie temporaire caus par les défrichements et l'établisseme des digues.

Mais on doit observer en outre, relativement à la rapidité avec laquelle s'allonge de nos jours le lit du Mississipi, que les remarques faites par M. de Prony (voy. plus haut, p. 342) sur la marche plus rapide des alluvions du Pô vers la fin du moyen âge, trouvent ici une nouvelle application. Depuis le milieu du siècle dernier on défriche des terres immenses dans une partie du bassin traversé par le Mississipi et par ses vastes affluents, et de là résulte nécessairement une augmentation considérable dans la quantité des troubles qu'il emporte à la mer. De là doit résulter encore une augmentation dans la

rapidité des crues et dans l'énergie avec laquelle elles agissent sur les berges, qu'elles démolissent et dont elles entrainent les arbres séculaires. Enfin, les digues dont le Missisipi a été bordé depuis un siècle, l'obligent à pousser jusqu'à la mer la plus grande partie des matières qu'il charrie. Tout semble donc annoncer que la rapidité singulière avec laquelle s'allonge aujourd'hui le lit du Missisipi, est un phénomène temporaire, et pour ainsi dire artificiel. Il est même parfaitement évident que le Missisipi n'a pas toujours allongé son lit suivant le taux actuel de 350 mètres par an; car, si on supposait que l'allongement a toujours eu lieu à ce taux, on pourrait calculer que le Delta, dont le sommet se trouve à 460 kilomètres de l'embouchure actuelle, aurait dû commencer à se former il y a seulement 1314 ans, c'est-à-dire, dans le 6.e siècle de l'ère chrétienne.

L'allongement du lit ne peut avoir été toujours aussi rapide qu'il l'est aujourd'hui.

Une autre considération doit concourir, ce me semble, à mettre en garde contre les conclusions trop absolues qu'on pourrait être tenté de tirer de la marche actuelle du phénomène: c'est que rien ne prouve encore que ce promontoire, si rapidement prolongé, soit un édifice à toute épreuve, et que l'une de ces tempêtes extraordinaires qu'on voit se répéter en divers parages à des intervalles séculaires, ne soit pas destinée à le tronquer quelque jour et à mettre le fleuve dans le cas de recommencer son ouvrage près des contours généraux du Delta, qu'il a dépassé dans les derniers siècles d'une manière véritablement anomale.

Le promontoire étroit formé par le fleuve sera peut-être un jour démoli par la mer.

Il est certain toutefois que le Missisipi doit figurer au premier rang parmi les fleuves dont les

alluvions font invasion dans la mer en dehors des cordons littoraux, et cela me conduit à présenter quelques considérations générales sur ces sortes d'irruptions de matières alluviales.

Elles sont généralement l'ouvrage des grands fleuves et particulièrement de ceux dans les bassins desquels l'activité humaine lutte contre la nature avec le plus d'énergie.

Les grands fleuves ont presque seuls fait irruption dans la mer à travers les cordons littoraux.

Un nombre immense de cours d'eau produisent des Deltas dans les lagunes que la mer a séparées de son domaine dès le commencement de la période actuelle en élevant des cordons littoraux. Dans une foule de localités ces lagunes ont été jusqu'ici plus que suffisantes pour recevoir les dépôts des petites rivières qui ne les ont pas encore comblées. Les grands fleuves sont presque les seuls à qui ces étroits réceptacles n'ont pas suffi jusqu'à nos jours, et dont les Deltas ont déjà fait irruption dans la mer à travers les cordons littoraux. Les dépôts de tous les cours d'eau sont destinés, sans doute, à produire dans le laps des siècles des effets analogues; mais le temps écoulé depuis que la surface du globe a pris sa forme actuelle, n'a pas été assez long pour que la plupart des cours d'eau aient pu accomplir, sous ce rapport, la première partie de leur tâche, qui est de combler les lagunes littorales. Quelques grands fleuves ont pu presque seuls jusqu'à présent dépasser ce terme et prolonger leurs berges dans la mer; tous les grands fleuves n'ont pas même encore franchi ses limites, et ceux qui y ont pénétré, l'ont fait de manières fort inégales.

Les fleuves des Pays-Bas néerlandais, l'Escaut, la

Meuse, le Rhin, etc., n'ont pas encore dépassé le cordon littoral; ce qu'on peut attribuer avec quelque vraisemblance, ainsi que nous l'avons vu précédemment, p. 316, à la grandeur des lagunes originaires, à l'enfoncement graduel du sol qui tend sans cesse à les rétablir, et à l'action des marées qui, pénétrant par de larges ouvertures, n'ont pas permis au régime des Deltas de s'y établir d'une manière complétement régulière. L'Escaut et la Meuse, à leurs embouchures, ont en partie le régime des *æstuaires*, dont il nous restera à parler ultérieurement.

Le Nil n'a dépassé le cordon littoral qu'aux seules bouches de Damiette et de Rosette, et il n'a fait au delà que peu de progrès.

Le Rhône et le Pô ont fait en dehors du cordon littoral des progrès beaucoup plus marqués.

Le Mississipi nous présente cette irruption des alluvions dans la mer avec son maximum de développement.

Le Missisipi a fait une irruption plus considérable qu'aucun autre fleuve, ce qui empêche d'en juger les effets par comparaison.

De là il résulte que l'observation de ce qui s'est passé pour d'autres fleuves ne peut pas nous éclairer complétement sur ce qui adviendra de la pointe du Delta du Mississipi, dont la longue saillie est un fait jusqu'à présent sans exemple, au moins dans la période actuelle. On est réduit à cet égard à des conjectures, et ce qu'il y a de plus probable, c'est que les progrès de cette pointe deviendront moins rapides à mesure qu'elle s'avancera dans des eaux plus profondes et qu'elle sera démolie par la mer, lorsque, par quelque circonstance accidentelle, le cours du Mississipi se déversera latéralement et cessera de l'entretenir. Les matériaux dont elle se compose

aujourd'hui devront alors concourir à la formation de couches sous-marines.

En résumé, la ressemblance générale que le Delta du Mississipi présente avec ceux des autres fleuves dont nous nous sommes occupés précédemment, doit porter à conclure qu'il s'est formé de même en comblant d'abord des lagunes, dont il a fini par dépasser le cordon littoral pour faire irruption dans la mer. Il s'avance aujourd'hui dans la mer même avec rapidité, mais par un point seulement, et il n'en a pas encore comblé une étendue considérable. L'invasion rapide qu'il y fait de nos jours paraît être un accident temporaire, qui n'aura peut-être rien de permanent ni dans sa marche ni dans ses effets, et le canal étroit et mobile qu'il s'y est créé ne saurait fournir une base solide aux spéculations, sur la conversion rapide de la terre en mer, qu'on a voulu ériger en système. Conjectures sur l'avenir de ce phénomène

La formation de ce canal attire fortement les regards, parce qu'elle s'opère près de la surface de la mer, dont elle modifie les contours; et lorsqu'on ne parle que de sa longueur, sans faire mention de son étroitesse, elle frappe l'imagination, comme un fait considérable. Elle ne constitue cependant qu'une petite partie des phénomènes qui se passent en dehors du cordon littoral du golfe du Mexique et qui tendent à en diminuer la profondeur. Or il est aisé de concevoir que tous ces phénomènes réunis ne parviendront jamais à combler le golfe, car le volume entier des terres qui y versent leurs eaux suffirait à peine pour remplir son bassin, et il est évident que ces terres ne sont pas destinées à être Les atterrissements du Mississipi ne pourront combler le golf du Mexique.

démolies jusqu'à leur base et entraînées en totalité, dans l'avenir même le plus éloigné, par les eaux qui ruisseleront sur leur surface. Ceci me conduit à vous rappeler une remarque que nous avons déjà faite en parlant du Pô : c'est que les effets des alluvions sont très-visibles dans les lagunes littorales, parce que ces lagunes sont peu profondes; et qu'ils doivent prendre des apparences de plus en plus restreintes quand ils pénètrent dans la mer à mesure qu'ils atteignent des eaux plus profondes. En thèse générale, les alluvions ne pourront combler, à quelque époque que ce soit, qu'une très-petite partie de la mer, parce le volume de la mer est incomparablement plus grand que celui des terres émergées. Elles devront sans doute concourir à y former avec le temps des dépôts sous-marins très-puissants; mais on est conduit à cette conclusion par le raisonnement et par la prévision de l'avenir beaucoup plus que par l'observation de ce qui s'est passé dans les Deltas. Ceux-ci ont remplacé d'abord des lagunes peu profondes, dont le comblement ne pouvait être qu'un phénomène très-restreint; mais on peut prévoir la suite de leur marche, et il est évident qu'alors même qu'ils auront parcouru toutes les phases dont ils sont susceptibles, ils seront encore comparativement d'une étendue assez limitée.

Les alluvions ne sont pas destinées à combler les bassins des mers.

Cette circonstance que la formation d'un Delta est un phénomène qui a une série de phases presque aussi marquées que celles du développement d'un être organisé, augmente beaucoup l'intérêt qui s'attache à leur étude. Il me reste encore quelques considérations à vous présenter à cet égard.

Le Mississipi, étendant aujourd'hui ses alluvions avec plus de rapidité qu'aucun autre fleuve, c'est à lui qu'on serait en apparence le mieux fondé à appliquer les remarques de Dolomieu, qui disait, en parlant des atterrissements du Nil : « Je compte même me servir un jour de ces atterrissements (du Delta en général) et de leur peu d'étendue en comparaison de ce qu'ils pourraient être d'après leur accroissement journalier, s'ils avaient commencé depuis beaucoup de milliers d'années; je les emploîrai, dis-je, avec beaucoup d'autres faits analogues, pour soutenir mon opinion sur le peu d'ancienneté de l'état actuel de notre globe, et pour rapprocher de nous l'époque du dernier cataclysme contre le sentiment de plusieurs hommes illustres. »[1]

L'origine des Deltas ne remonte pas à une époque très-ancienne.

En effet la rapidité des progrès actuels du Delta du Mississipi pourrait faire espérer qu'on y trouverait, pour réaliser la conception ingénieuse de Dolomieu, des ressources que le Delta du Nil, avec ses contours presque invariables, fournirait assez difficilement. Cependant nous avons vu qu'en cherchant à faire sur le Delta du Mississipi le genre de supputation dont Dolomieu a donné l'idée, on rencontrerait d'autres difficultés, car on arriverait à conclure qu'il a commencé à se former à une époque postérieure aux premiers siècles de l'ère chrétienne; résultat absurde, qui prouve que la rapidité actuelle de ses progrès est bien réellement une anomalie liée, on n'en saurait douter, à l'endiguement du fleuve et au grand travail de défrichement dont l'Amérique du nord est aujourd'hui le théâtre.

1. Dolomieu, Journ. de phys., t. XLII, p. 47 (janvier 1793).

Mais l'existence d'une pareille anomalie que le Pô nous a également présentée, est elle-même une preuve du peu d'ancienneté de l'état présent des choses et de la nouveauté du monde civilisé.

L'influence des travaux des hommes ur leur marche ontre leur peu d'ancienneté.

Si les hommes habitaient le globe depuis un temps indéfini; si des populations nombreuses en avaient successivement occupé et abandonné les diverses parties, les phénomènes anomaux résultant d'un premier défrichement, se seraient produits depuis longtemps dans les bassins de tous les fleuves, et ni le Pô du 13.ᵉ au 17.ᵉ siècle, ni le Mississipi dans le nôtre, n'auraient ajouté, par le seul effet des travaux des hommes, des effets si prononcés à leurs effets antérieurs. Ces effets ont marqué le moment où l'industrie humaine a, *pour la première fois*, pris complétement possession de l'un et de l'autre bassin. On pourrait même affirmer, d'après la seule considération des Deltas, et indépendamment des témoignages historiques, que le développement qu'a pris la culture du globe depuis quelques siècles, est un progrès qui se réalise pour la première fois.

La circonstance que les Deltas de beaucoup de fleuves ont fait irruption assez récemment à travers la barrière littorale, montre clairement aussi que l'état actuel des choses sur la surface du globe est très-récent.

i l'état actuel u globe était très-ancien, us les cordons littoraux raient franchis puis longtemps.

Il est en effet évident que si l'état actuel des choses était très-ancien, les cordons littoraux seraient tous franchis depuis longtemps, et que le phénomène, comme tous ceux qui ont déjà produit une partie considérable des effets qu'ils sont susceptibles de produire, aurait pris partout une marche uniforme, sur laquelle les faibles travaux

des hommes, qui se bornent presque complétement à hâter des résultats destinés à être produits tôt ou tard, n'auraient pas une influence marquée.

Des effets dans lesquels l'industrie humaine peut occasionner de pareilles anomalies ne sont guère susceptibles, sans doute, de donner lieu, comme le voulait Dolomieu, à un calcul proportionnel pour déterminer la durée totale des phénomènes qui les ont produits, d'après ce qui s'est passé dans une période déterminée. Cependant les documents que nous avons passés en revue me semblent conduire à quelques remarques propres à faire sentir au moins que la formation des Deltas actuels n'a pas exigé un grand nombre de milliers d'années.

Remarques tendant à prouv que les Delta ne remontent qu quelques millie d'années.

L'examen des Deltas du Rhin, du Pô, du Rhône, du Nil et du Gange nous a fait reconnaître avec une assez grande probabilité le cours primitif et plus ou moins complétement oblitéré de chacun de ces fleuves près de son embouchure. Le vieux Rhin de Leyde, le Pô di Primaro, les anciens bras du Rhône qui se dirigeaient vers l'étang de Mauguio, la bouche canopique du Nil, et l'Hoogly dans le Delta du Gange, nous ont présenté ce caractère. L'histoire de chacun de ces Deltas peut donc se partager en deux périodes. Pendant la première, le fleuve s'est formé un premier lit dans les lagunes qu'il a comblées. Dans la seconde, il a abandonné ce premier lit, déjà trop exhaussé, et il s'est déversé latéralement en se formant de nouveaux lits, dont plusieurs lui servent encore aujourd'hui. Le travail de la seconde période a été accéléré par l'effet des défrichements, mais pendant quelques siècles seu-

lement, et peut-être très-faiblement pour certains fleuves, tels que le Rhin, le Rhône, le Nil. Or, ce travail de la seconde période est en masse très-comparable à celui de la première, si même il ne le surpasse pas; et comme il n'y a guère que 2, 3 ou 4000 ans que cette seconde période a commencé, on voit que rien ne conduit à faire remonter l'origine des Deltas à un grand nombre de milliers d'années.

Comparaison entre les indications chronométriques des Deltas et celles des dunes.

Les Deltas, dans leur accroissement continuel, constituent, comme les dunes, une sorte de *chronomètre naturel*, et quoique les indications des Deltas sous ce point de vue soient peut-être plus imparfaites encore que celles fournies par l'observation des dunes (voyez ci-dessus, page 218), l'accord des deux résultats est remarquable. Il est en effet évident que la formation des Deltas a commencé en même temps que celle des dunes, et l'appui naturel que se prêtent des supputations, même très-grossières, basées sur deux ordres de faits aussi différents, me semble donner un grand poids à la conclusion que la période actuelle, qui est à la fois l'*ère des Deltas* et l'*ère des Dunes*, ne remonte qu'à une époque assez peu éloignée de nous.

Remarques sur les fleuves qui ont des *æstuaires* au lieu de Deltas.

En terminant ici l'étude des Deltas je dois faire remarquer que les fleuves n'en ont formé que dans les localités où la mer elle-même en avait préparé l'emplacement en faisant naître des lagunes par la formation préalable d'un cordon littoral. Les fleuves qui n'ont pas rencontré de semblables lagunes, tels que la Seine, la Tamise, l'Amazone, se jettent dans la mer par de larges embouchures qu'on nomme *æstuaires;* leurs dépôts s'y arrangent au gré des

vagues. Ce n'est plus un phénomène fluvial, mais un phénomène marin, dont l'étude devra nous occuper dans une autre partie de ce cours, où nous aurons à traiter aussi de la manière dont s'étendent, au fond de la mer, les matières dont les vagues s'emparent à l'extrémité des lits des fleuves qui, comme le Pô et le Mississipi, dépassent le cordon littoral (voyez la 31.[e] leçon).

NOTES.

Note A, relative a la page 13.

Il n'est pas complétement exact de dire que les chevaliers et les empereurs romains ne voyageaient qu'à cheval. M. Naudet à lu à la séance publique des cinq académies de l'Institut de France, le 2 mai 1845, un mémoire où il établit que dès le temps d'Auguste les Romains avaient établi sur les voies qui sillonnaient l'empire un service de postes aux chevaux, qui transportait les voyageurs en voiture jusqu'aux rives du Danube et aux extrémités des Gaules. Il est permis de croire, cependant, que cette manière de voyager n'était pas alors la plus généralement employée. Le peu de largeur des voies romaines montre assez qu'elles étaient surtout destinées aux cavaliers.

Note B, relative a la quatrième leçon.

Parmi les instruments que le géologue peut emporter avec facilité et employer utilement dans ses excursions, j'ai oublié de mentionner le niveau imaginé par M. Burel, lieutenant-colonel du génie, et perfectionné par M. Leblanc, chef de bataillon au même corps. Cet instrument se compose essentiellement d'un miroir fixé à un petit pendule, auquel il est ajusté de manière à être exactement vertical lorsque le pendule est en repos. Si l'observateur tient l'instrument d'une main ferme et qu'il se regarde dans le miroir, il voit son œil exactement dans le plan de l'horizon, et par conséquent, en se tournant du côté de tel ou tel objet, il

peut reconnaître immédiatement si cet objet est au-dessus ou au-dessous du plan horizontal passant par son œil. M. Leblanc a donné une description complète de cet instrument et de ses usages dans un Mémoire sur les *levers expéditifs*, qui a été inséré dans le n.° 14 du Mémorial du génie. Ce Mémoire renferme en outre l'indication d'une foule de procédés à la fois précis et rapides, dont on ne saurait assez recommander la pratique aux géologues voyageurs. On y trouvera aussi l'indication de méthodes très-simples pour déterminer la direction de la méridienne d'un lieu donné et la déclinaison de l'aiguille aimantée dans ce même lieu.

Note C, relative a la page 188.

M. Ehrenberg ayant examiné récemment les poussières recueillies sur des vaisseaux dans les parages des îles du cap Vert, y a reconnu des carapaces d'infusoires. On pourrait peut-être en conclure que les particules les plus fines des sables des déserts de l'Afrique sont formées en partie des débris de ces animaux microscopiques.

Note D, relative a la page 336.

Je ne dois cependant pas dissimuler que l'histoire de Venise elle-même a fourni des documents qui seraient diamétralement contraires à cette complète invariabilité, si on ne pouvait les expliquer d'une manière plausible par des phénomènes de tassement et par l'enfoncement lent des pilotis, sur lesquels toutes les constructions de Venise sont établies.

Vers 1550 Sabbatini parlait d'une augmentation des eaux de l'Adriatique d'environ un pied par siècle; il se fondait sur la position, relativement au niveau de la mer, du sol de certains édifices de Venise dont la date de construction était bien connue.

« En 1722 on refit le pavé de la place Saint-Marc, qui se trouve d'un pied et demi à deux pieds au-dessus du niveau ordinaire de l'Adriatique. Dans les fouilles faites à cette occasion on trouva à cinq pieds au-dessous un ancien pavé qui, aujourd'hui est à trois pieds au-dessous du niveau de la mer. » (Donati, *Storia naturale del mare Adriatico*, p. XIII.)

Si un pareil enfoncement avait été général, il est probable qu'on aurait vu dans les Pays-Bas adriatiques des phénomènes comparables à la formation du Zuyderzée, du Dollart, etc.

Note E, relative a la page 355.

M. l'ingénieur Elia Lombardini, dans son *Essai sur le système hydraulique du Pô,* publié à Milan, en 1840, a donné un tableau extrêmement complet des changements survenus à l'embouchure du Pô depuis le 12.ᵉ siècle. Si je l'avais connu à temps, j'aurais pu y puiser plusieurs observations intéressantes et quelques rectifications de détail; mais quant aux conclusions générales, celles auxquelles j'ai été conduit coïncident à peu près avec les vues du savant hydraulicien de Milan. Voici comment il s'exprime page 29, relativement à la ligne des dunes qui traverse le Delta du Pô. « Au point où les matières agitées par les vagues se déposent avec la plus grande abondance, elles s'accumulent en formant un banc ou une *dune,* qui, s'émergeant par degrés de la surface de la mer, vient à s'élever par l'addition d'autres matières que les vagues transportent, et aussi par la seule action du vent. Ces *dunes,* appelées *montoni,* se forment tantôt sur le bord même de la terre ferme, tantôt à une distance notable du rivage; et la portion de mer qui, dans ce dernier cas, reste interposée entre les dunes et la terre, prend le nom de *lagune.* Telles sont les lagunes de Venise jusqu'à Chioggia, et les *valli* de Comacchio, entre les ports du Volano et du Primaro; et telles étaient aussi à une certaine époque les lagunes intermédiaires, au fond desquelles s'élevait la très-antique cité d'Adria, qui s'appelait à cause de cela *urbs septem marium.* On voit encore les traces des dunes par lesquelles ces lagunes étaient séparées de la mer. Elles se trouvent aujourd'hui dans l'intérieur des terres, à une distance considérable du rivage. Elles partent de Brondolo où se terminent les dunes vénitiennes (les *lidi*), passent le long de la cavanella d'Adige, puis au levant de Loréo, dont elles sont éloignées d'environ trois milles, et poursuivent leurs cours par une ligne d'environ sept milles, à l'extrémité de laquelle elles se divisent en trois rameaux, dont le plus oriental passe par la Mesola, rase vers le couchant les bois voisins, et se termine à Volano, où commencent les dunes des *valli* de Comacchio. D'après l'uniformité de la ligne suivant laquelle ces dunes se disposent, on peut conjecturer que les conditions de leur formation dépendent d'une loi générale, qui règle les mouvements de la mer et ceux des vents dans le système entier du golfe. »

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.[re] *Mesure des angles* (page 101).

Fig. 1 (p. 101), marche des rayons lumineux dans le sextant.
A, miroir fixe.
B, miroir mobile.
m et *n*, objets éloignés dont on veut mesurer la distance angulaire.
L, lunette.

Fig. 2 (p. 108), petite bouteille en bois renfermant une large goutte de mercure.

Fig. 3 (p. 112), construction relative à la mesure d'une pente au moyen de deux hauteurs angulaires.

Fig. 4 (p. 113), haussement du niveau apparent.

PLANCHE II. *Monuments en terre* (page 149).

Fig. 1 (p. 149), coupe du fossé et du retranchement du camp d'Attila, près de la Cheppe.

Fig. 2 (p. 155), tombe de Saive.

Fig. 2 *bis*, les cinq tombes d'Omal ; plan réduit à une échelle moitié moindre que celle des profils.

Fig. 3, *idem ;* profil des quatre tombes alignées.

PLANCHE III. *Cordons littoraux* (page 221).

Fig. 1 (p. 221), coupe habituelle d'un cordon littoral.

Fig. 2 (p. 223), coupe d'une levée de gros galets formant la plage de la côte ouest-sud-ouest de l'île de Molène (Finistère) ; les galets sont entassés sur un plan incliné formé de rochers de gneiss.

Fig. 3 (p. 224), coupe d'une levée de galets dans l'île de Quemenès (Finistère).

Fig. 4, forme générale d'une anse dont le fond est bordé par une levée de galets ou de sables. On a pris pour exemple l'anse de Bettaon, à l'embouchure de la Vilaine (Morbihan).

PLANCHE IV. *Cordons littoraux et lagunes littorales* (p. 225).

Fig. 1 (p. 225), carte de la baie d'Audierne (Finistère).
xyz, levée de galets.
Fig. 2 (p. 226), coupe de la levée de galets de la baie d'Audierne.
m m', marais situés derrière la levée.
Fig. 3 (p. 230), entrée de la Béthune à Dieppe.
ff, falaise de craie.
g g, levée de galets.
v, entrée de la Béthune.
p, port.
d d', jetées.
a b, *a' b'*, *a'' b''*, vagues qui poussent le galet de l'ouest à l'est.
Fig. 4 (p. 232), coupe du *chesil-bank* près de l'île de Portland (Dorsetshire).
a, la côte ferme.
b, chesil-bank.
f, étang salé appelé *Fleet* qui les sépare.
Fig. 5 (p. 233), carte du *Curische Haff* et du *Frische Haff* (Prusse orientale).
Fig. 6 (p. 240), coupe des plages des étangs du Languedoc.
Fig. 7 (p. 241), coupe des lagunes littorales de la Jamaïque.

PLANCHE V. *Lagunes littorales du golfe du Mexique* (p. 241).

Fig. 1, carte du golfe du Mexique.
Fig. 2, coupe des lagunes littorales et des plages du Texas. Cette coupe paraît très-plate; cependant, pour la rendre sensible à l'œil, on a été obligé d'adopter pour les hauteurs une échelle *centuple* de celle des distances horizontales.

PLANCHE VI. *Pays-Bas néerlandais* (p. 253).

Fig. 1 (p. 253), carte des Pays-Bas néerlandais d'une partie de la mer du Nord.

Planche VII. *Pays-Bas adriatiques* (p. 323).

Fig. 1 (p. 323), carte de la partie nord-ouest de la mer Adriatique.

Fig. 2 (p. 345), coupe longitudinale de l'embouchure d'un fleuve, montrant comment son lit doit s'élever pour que sa pente se conserve.

Fig. 3 (p. 346), digues naturelles qui se forment des deux côtés du fleuve.

Fig. 4 (p. 346), diramations qui se forment successivement par suite de l'élévation du lit du fleuve.

Planche VIII. *Deltas du Rhône et du Nil* (p. 367).

Fig. 1 (p. 366), carte des bouches du Rhône.

Fig. 2 (p. 405), carte des bouches du Nil.

Planche IX. *Delta du Mississipi* (p. 497).

Fig. 1 (p. 498), carte du Delta du Mississipi, montrant les *bayous* qui le sillonnent, les lagunes qui s'y trouvent et l'espace inondé chaque année pendant les crues.

Nota. Les cartes des Pays-Bas baltiques, des Pays-Bas néerlandais, des Pays-Bas adriatiques, et celles des Deltas du Rhône et du Nil, et du Delta du Mississipi, sont toutes sur la même échelle, qui est de $\frac{1}{2000000}$ (un deux millionième).



TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE LEÇON.

DEUXIÈME LEÇON.

TROISIÈME LEÇON.

QUATRIÈME LEÇON.

CINQUIÈME LEÇON.

SIXIÈME LEÇON.

SEPTIÈME LEÇON.

HUITIÈME LEÇON.

NEUVIÈME LEÇON.

Pages.

DIXIÈME LEÇON.

ONZIÈME LEÇON.

ERRATA.

La lettre *d* signifie en *descendant*, et la lettre *m*, en *montant*.

Pages.	Lignes.		
53,	11 *d.*	*Au lieu de*	chapitre huit, *lisez* chapitre neuf.
54,	18 *d.*	—	usures, *lisez* usure.
55,	4 *m.*	—	extérieure, dont, *lisez* extérieure; dont.
56,	11 *d.*	—	à certaine, *lisez* à une certaine.
58,	3 *m.*	—	signalé, et parce, *lisez* signalé, parce.
60,	11 *m.*	—	à grande, *lisez* à une grande.
62,	13 *m.*	—	dans les, *lisez* dans des.
94,	15 *m.*	—	du plan en, *lisez* du plan.
100,	12, 13 *d.*	—	*monomètres*, *lisez manomètres.*
125,	6 *m.*	—	productives, *lisez* fructueuses.
142,	9 *m.*	—	le sol à, *lisez* le sol naturel à.
153,	4 *d.*	—	à une, *lisez* d'une.
190,	8 *d.*	—	54° R (69°,50 cent.); *lisez* 54° centigrades.
Id.,	9 *d.*	—	56° R (70° cent.), *lisez* 56° centigrades.
210,	8 *m.*	—	(pl. V), *lisez* (pl. VI).
216,	6 *m.*	—	(pl. V), *lisez* (pl. VI).
222,	2 *d.*	—	levée présentant le profil qui, *lisez* levée, présentant le profil qui.
237,	5 *d.*	—	presqu'île d'Hyères, *lisez* presqu'île de Giens.
252,	15, 16 *d.*	—	(d'après le mot *æstuairy*, adopté en anglais), *lisez* (d'après le mot latin *æstuarium*, dont les Anglais, de leur côté, ont fait *æstuairy*).
255,	8 *d.*	—	16., *lisez* 14.
263,	17 *d.*	—	planche V, *lisez* planche VI.
292,	18 *d.*	—	domination romaine sur, *lisez* domination romaine, sur.
295,	8 *m.*	—	de cette tourbe, *lisez* de la tourbe.
299,	7 *d.*	—	lointainaires, *lisez* lointaines.
305,	17 *d.*	—	commença, *lisez* commencèrent.
Id.,	18 *d.*	—	compléta, *lisez* complétèrent.
315,	9 *d.*	—	reculé, *lisez* avancé.
Id.,	10 *d.*	—	avancé, *lisez* reculé.
316,	10 *m.*	—	une pareille conclusion, *lisez* cette dernière conclusion.
319,	4 *m.*	—	doute des, *lisez* doute jusqu'au pied des.
333,	6 *d.*	—	par de tra-, *lisez* par des tra-.
336,	17 *d.*	—	l'Adriatique. Il, *lisez* l'Adriatique (voir la note D. à la fin du volume). Il.

Pages.	Lignes.		
370,	15 *m.*	*Au lieu de*	planche VII, *lisez* planche VIII.
Id.,	6 *m.*	—	portées, *lisez* porté.
371,	14 *d.*	—	et obstrue, *lisez* et on trouve.
379,	3 *m.*	—	l'attention de tous, *lisez* l'attention dans tous.
380,	8 *d.*	—	103 ans, *lisez* 102 ans.
382,	3 *m.*	—	*Marii opera*, *lisez Marii opere.*
384,	8 *d.*	—	cette dernière ville, *lisez* Aigues-Mortes.
388,	19 *d.*	—	lui-même au, *lisez* lui-même soit au.
Id.,	20 *d.*	—	cet étang, *lisez* cet étang, soit à une partie de la mer aujourd'hui comblée.
396,	3 *m.*	—	la Grau, *lisez* la Crau.
425,	17 *d.*	—	deux lieues, *lisez* 22 kilomètres.
Id.,	18, 19 *d.*	—	deux lieues, *lisez* 22 kilomètres.
446,	2 *d.*	—	le Nil; il, *lisez* le Nil; ce dernier.
448,	9 *d.*	—	Ce lac, *lisez* Le lac.
451,	14 *d.*	—	: elle court, *lisez* : celle-ci court.
453,	4 *m.*	—	tel que, *lisez* tels que.
462,	4 *d.*	—	sa forme et, *lisez* sa forme générale et.
464,	4 *d.*	—	6500 mètres, *lisez* 6700 mètres.
470,	4 *m.*	—	faible encore, *lisez* lent encore.
488,	3 *m.*	—	*lido* à axe solide, *lisez lido* à charpente solide.
492,	16, 17 *d.*	—	changements infiniment moins grands, *lisez* changements proportionnellement beaucoup moins grands.
511,	3 *d.*	—	agitée, avec, *lisez* agitée; avec.
511,	9 *d.*	—	prise sur, *lisez* prise encore sur.

FIN DU TOME PREMIER.

